

51

Int. Cl.: —

H 02 k, 51/00

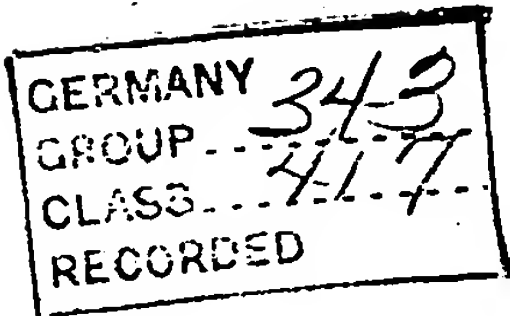
F 04 d, 13/02

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



Deutsche Kl.: 21 g, 3
59 b, 4



417/420

10

11

21

22

43

Offenlegungsschrift 2048 286

Aktenzeichen: P 20 48 286.4

Anmeldetag: 9. Februar 1970

Offenlegungstag: 11. November 1971

Ausstellungspriorität: —

30

Unionspriorität

32

Datum: 10. Februar 1969

30. Dezember 1969

33

Land: Österreich

31

Aktenzeichen: A 1319-69

A 12101-69

54

Bezeichn

2, 048, 286 Magnetically driven centrifugal pump
or liquid and gases has an impeller forming a unit with a magnetic pole ring, a magnetic permeable partition forming in the region of the pole ring the pump chamber wall, and a rotary magnetic field generator. A second and a third pole rings are arranged outside the pumping chamber, the second one separated from the first one and from the third one by a magnetic air gap. Either the second pole ring or the third one are driven by a motor, the first and/or third pole rings being permanent or electromagnets. The first ring is shaped as a spherical section and the second one as a hollow sphere. 9.2.70. P2048286.4 (10.2.69; 30.12.69. OE A1319-69; A12101-69) Div. of 2005803. STANDARD MAGNET AG (11.11.71) H02k 51/00.

61

Zusatz

62

Aussch

71

Anmel

Vertreter gem. § 10 PatG

Patentanwälte, 8000 München

Benleitner, F., Dr.

72

Als Erfinder benannt

Laing, Nikolaus, 7141 Aldingen

Benachrichtigung gemäß Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 d. Ges. v. 4. 9. 1967 (BGBl. I S. 960):

Prüfungsantrag gemäß § 28 b PatG ist gestellt

BEST AVAILABLE COPY

P 2048 286

51

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



Int. Cl.:

H 02 k, 51/00

F 04 d, 13/02

Deutsche Kl.:

21 g, 3

59 b, 4

GERMANY

GROUP...

CLASS...

RECORDED

Offenlegungsschrift 2048 286

Aktenzeichen: P 20 48 286.4

Anmeldetag: 9. Februar 1970

Offenlegungstag: 11. November 1971

Ausstellung:

Union:

Datum:

Land:

Aktenzeichen:

Bezeichnung:

Kreiselpumpe mit magnetischem Antrieb

Zusatz zu:

Ausscheidung aus:

2 005 803

Anmelder:

Standard Magnet AG, Hünenberg (Schweiz)

Vertreter gem. § 16 PatG:

Maas, I. H., Dr.; Pfeiffer, W. G., Dr.; Voithenleitner, F., Dr.;
Patentanwälte, 8000 München

Als Erfinder benannt

Laing, Nikolaus, 7141 Aldingen

Benachrichtigung gemäß Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 d. Ges. v. 4. 9. 1967 (BGBl. I S. 960):

Prüfungsantrag gemäß § 28 b PatG ist gestellt

2048 286

Standard Magnet AG, Hünenberg/SchweizKreiselpumpe mit magnetischem Antrieb

Die Erfindung bezieht sich auf Kreiselpumpen für Flüssigkeiten oder Gase, deren Laufrad mit einem magnetischen Polring eine Einheit bildet und durch ein magnetisches Drehfeld angetrieben wird, wobei das magnetische Drehfeld durch einen motorisch angetriebenen Polring, dessen Polzahl größer ist als die des genannten magnetischen Polringes, erzeugt wird.

Die Erfindung bezieht sich damit auf Kreiselpumpen, deren Läufer mit einer anderen Drehzahl betrieben wird als die vom Antriebsmotor angetriebene. Die Übertragungseinrichtung ist keine magnetische Kupplung, sondern ein magnetisches Getriebe.

Es ist ein magnetisches Getriebe mit drei coaxial zueinander angeordneten Elementen bekannt, von denen mindestens zwei unabhängig voneinander drehbar sind. Zwei dieser Elemente bestehen aus durch einen Luftspalt getrennten Ringen mit nicht in Eingriff stehenden magnetisch leitfähigen Zähnen, die Bereiche von abwechselnd hohem und niedrigem magnetischen Widerstand bilden, wobei die Zahnzahlen der beiden Ringe sich geringfügig unterscheiden, so daß sich nur auf einem Durchmesser je zwei Zähne des äußeren und des inneren Ringes genau gegenüberliegen. Einer dieser Ringe kann permanent magnetisiert oder mit einer Wicklung versehen sein, die den Ring aufmagnetisiert, so daß ein magnetisches Feld erzeugt wird, welches eine Ausrichtung zweier gegenüberliegender Zähne der Ringe bewirkt. Dieses Getriebe bildet das magnetische Analogon zum mechanischen Hypozykloidgetriebe, bei dem nur zwei Zähne des äußeren Ringes gleichzeitig im Eingriff sind. Während bei Zahnradgetrieben extrem hohe Flächenbelastungen zur Kraftübertragung möglich sind, können in magnetischen Getrieben mit Polen zu beiden Seiten eines den berührungslosen Lauf

ermöglichenden Luftspaltes nur sehr kleine Scherspannungen übertragen werden. Das hat zur Folge, daß sich mit allen bekannten magnetischen Getrieben nur kleine Drehmomente übertragen lassen, so daß sie für Übertragungen größerer Leistungen nicht infrage kommen. Darüber hinaus lassen sich mit diesem Getriebe auch nur sehr hohe Übersetzungsverhältnisse von beispielsweise 1 : 20 oder 1 : 50, nicht jedoch Übersetzungsverhältnisse von 1 : 2 oder 1 : 5 verwirklichen, so daß diese Getriebeart keinen brauchbaren Ersatz für Zahnradgetriebe für die Übertragung größerer Leistungen darstellt.

Es ist weiter ein reibungsloses magnetisches Getriebe bekannt, bei dem ferromagnetische Kupplungselemente von einem treibenden und einem getriebenen Teil um einen vorgeschriebenen Abstand entfernt sind, wobei das Ganze in einem Gehäuse untergebracht ist, das einen geschlossenen magnetischen Fluß gewährleistet. Bei dieser Getriebeart wird jeweils nur eines der Kupplungselemente von dem maximalen magnetischen Fluß durchflutet, so daß hierdurch nur das Prinzip des Sprungzahngetriebes verwirklicht wird, bei dem zur Übertragung des Drehmomentes jeweils nur ein sehr kleiner Umfangsbereich aktiv herangezogen wird. Dieses magnetische Getriebe hat ebenfalls die bereits aufgeführten Nachteile.

Es ist ferner ein magnetisches Getriebe bekannt, bei dem ein angetriebenes Magnetsystem mit einem antreibenden Magnetsystem durch magnetische Kraftfelder gekoppelt ist und das Übersetzungsverhältnis durch eine Verzweigung des Magnetflusses in einem ferromagnetischen Bindeglied gebildet ist. In einfacher Bauweise ist die Abtriebsdrehrichtung dieses Getriebes nicht definiert. Nur durch mehrere Systeme, die winkelfersetzt axial nebeneinander angeordnet sind, läßt sich bei solchen Getrieben die Drehrichtung vorgeben. Letzteres hat jedoch den Nachteil, daß die wirksame Durchflutung sich jeweils auf einen Bereich von maximal $1/3$ der axialen Baulänge bezieht und daß die magnetischen Leitwege sehr groß werden, wodurch wiederum die Verwendbarkeit für die Übertragung höherer Leistungen nicht gegeben ist.

Dem gegenüber bezweckt die Erfindung Kreiselumpen mit magnetischen Getrieben, welche große mechanische Leistungen bei kleinstmöglichem Materialaufwand in beliebigen Übersetzungsverhältnissen, vor allem aber auch bei niedrigen Übersetzungsverhältnissen zu übertragen vermögen.

Dies wird bei einer Ausführungsform nach der Erfindung dadurch erreicht, daß die Leitstücke so ausgebildet sind, daß der durch einen Pol des Polringes mit der kleineren Polzahl fließende Magnetfluß auf mindestens 2 Pole des Polringes mit der größeren Polzahl verteilt wird. Bei einer praktischen Ausführungsform dieser Art nach der Erfindung hat mindestens ein Leitstück mindestens zwei den Polringen mit der größeren Polzahl zugekehrte Polflächen.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird bei einer anderen Ausführungsform dadurch gelöst, daß mindestens eine dem Polring mit der größeren Polzahl zugekehrte Fläche eines Leitstückes mindestens so breit als der Abstand zweier benachbarter Polzentren dieses Polringes ist.

Vorzugsweise sind die drei Elemente eines magnetischen Getriebes nach der Erfindung als drei konzentrische Ringe ausgebildet. Wenn bei dieser Anordnung die Zahl der Leitstücke gleich dem Doppelten der Anzahl der Pole des inneren Polringes mit der höheren Drehzahl ist, dann läßt sich das magnetische Wechselfeld, das der antreibende Polring in jedem Leitstück erzeugt, in ein zweiphasiges phasensymmetrisches, zirkulares und weitgehend sinusförmiges Drehfeld transformieren, so daß für den angetriebenen Polring die gleichen Verhältnisse gelten wie für den Läufer eines Drehstrominduktionsmotors.

Die bei einem Elektromotor durch Spulen verursachte radiale Durchflutung wird bei diesen magnetischen Getrieben durch Permanentmagnete eines umlaufenden Polringes erzeugt. Bei Verwendung hochwertiger Magnetwerkstoffe lassen sich die gleichen Induktionen wie beim Elektromotor verwirklichen, so daß die über-

tragbaren Drehmomente denen von Elektromotoren mit gleich großen Läufern entsprechen. Im Gegensatz zu einfachen Motoren lassen sich magnetische Getriebe auch in Synchronbauart verwirklichen, wenn der angetriebene Polring nicht wie beim Elektromotor als Induktionsläufer (Käfigläufer), sondern als permanentmagnetischer Läufer ausgebildet ist. Diese Möglichkeit ist dem Elektromotor versagt, da der Läufer innerhalb $1/50$ (bzw. $1/60$) Sekunde auf volle Drehzahl beschleunigt werden müßte, während das Magnetgetriebe angetrieben wird und dementsprechend über eine größere Zeitdauer mit geringerer Winkelbeschleunigung beschleunigt wird.

Durch die Zuordnung von 2 permanentmagnetischen Polringen für Antrieb und Abtrieb entfallen alle Wirbelstromverluste, die bei einem Elektromotor in der Regel über 50 % aller Verluste ausmachen. Als einzige Verlustquelle bleibt der Eisenverlust der Leitstücke, der jedoch nur wenige Watt pro Kilogramm Eisen ausmacht. Der Wirkungsgrad der neuen magnetischen Getriebe liegt deshalb, wenn beide Polringe Permanentmagnete enthalten, nahe bei 1, was im Hinblick auf die großen zu übertragenden Leistungen von entscheidender Bedeutung ist.

Das Hauptanwendungsgebiet der Kreiselpumpen mit Magnetgetrieben besteht in der Übersetzung der Drehzahl von in ihrer Maximaldrehzahl begrenzten netzgespeisten Induktionsmotoren. Da die Leistung von Kreiselpumpen bei gegebenen Gehäuseabmessungen in der Drehzahl anwächst, führt eine Übersetzung zu raum- und materialsparenden Ausführungsformen. Grundsätzlich kann die Erfindung jedoch auch bei Kreiselpumpen Anwendung finden, deren Laufraddrehzahl kleiner ist als die des Motors, insbesondere bei Antriebs- oder Mittelfrequenzmotoren.

Beträgt die Anzahl der Leitstücke das Dreifache der Pole des schnell drehenden Polringes mit der kleineren Polzahl, so läßt sich auch ein dreiphasiges zirkulares Drehfeld verwirklichen, welches jedoch nur dort von Vorteil ist, wo der polzahlbedingte Ungleichförmigkeitsgrad der Drehung störend sein könnte.

Es wird betont, daß bei einer Kreiselpumpe mit einem Magnetgetriebe nach der Erfindung jedes der drei magnetischen Elemente das antreibende und jedes der drei Elemente das angetriebene Element sein kann. Weiter wird betont, daß eines der drei Elemente festgehalten oder mit einem stationären System abgestützt werden muß, was in der Regel durch Abstützung an ein Gehäuseelement erfolgt.

Getriebe für Kreiselpumpen nach der Erfindung lassen sich aus einem Zylinder, einem darüber gesteckten Hohlzylinder und einem darum angeordneten weiteren Hohlzylinder aufbauen. Auch exzentrische Zuordnungen des inneren und des äußeren Polringes lassen sich verwirklichen. Es ist jedoch nicht erforderlich, daß die Luftspalte auf Zylindermänteln liegen, sondern auch Luftspalte auf Kegelmänteln, Kugeloberflächen und Ebenen sind ausführbar. In der letzten Version sind drei Scheiben einander zugeordnet. Dabei ist es nicht erforderlich, daß die umlaufenden Scheiben die gleiche geometrische Achse haben.

Bei schnell laufenden Kreiselpumpen, die hohe Antriebsdrehzahlen fordern, wird der schnell laufende Polring des Magnetgetriebes mit dem Schaufelrad zu einer Einheit zusammengefaßt, während der langsam laufende Polring vom Motor angetrieben wird. Das dritte Element, der Leitstückring, wird durch eine Wandung vom Pumpenläufer getrennt, so daß eine hermetische Abdichtung entsteht. Hermetisch dichte Pumpen mit dünnwandigen magnetisch durchlässigen Trennwänden sind bekannt. Die Erfindung ermöglicht den Bau von Pumpen, bei denen die Wandungen, durch welche magnetische Kräfte in das Pumpeninnere geleitet werden, fast beliebig starkwandig ausgeführt werden können, so daß mit erfindungsgemäßen magnetischen Getrieben ausgebildete, hermetisch gedichtete Pumpen für praktisch beliebig hohe Drücke, bei denen dünnwandige magnetisch durchlässige Trennwände von Magnetkupplungen zerreißen würden, herstellbar sind. Die dünnwandige Trennwand dient dabei nur als Abdichtelement, während der Leitstückring gleichzeitig zur mechanischen Abstützung gegen hohe Drücke dient. Bei solchen Pumpen sind auch Magnetgetriebe mit einem Übersetzungsverhältnis $m = 1$ sinnvoll.

Da die Übertragung des Drehmomentes durch ein magnetisches Drehfeld erfolgt, lassen sich die neuen Magnetgetriebe auch mit magnetischen Lagersystemen kombinieren, so daß sich nicht nur die Übertragung des Drehmomentes berührungslos, sondern auch die Lagerung bis auf eine Unterstützung im Zentrum eines Kugelabschnittes ebenfalls berührungslos verwirklichen läßt.

Die magnetischen Getriebe für die erfindungsgemäße Pumpe lassen sich nach geometrischen Parametern ordnen; dazu gehören die Polzahlen des langsam und des schnell laufenden Polringes, die Anzahl der Leitstücke, die Anzahl der Polflächen der Leitstücke sowie die Abstände der Polflächen benachbarter verschiedener Leitstücke. Dementsprechend sei per Definition:

- p Zahl der Pole des langsam laufenden Polringes (große Polzahl)
- q Zahl der Pole des schnell laufenden Polringes (kleine Polzahl)
- m Übersetzung des Getriebes, wobei stets Betrag $m = p/q$
- r Zahl der Leitstücke
- r_p Zahl der Polflächen des Leitstückes, die dem langsam laufenden Polring zugewandt sind
- r_q Zahl der Polflächen des Leitstückes, die dem schnell laufenden Polring zugewandt sind
- j Polzentrumsabstand der dem langsam laufenden Polring zugewandten Polflächen benachbarter verschiedener Leitstücke im Verhältnis zum Zentrumsabstand benachbarter Pole des langsam laufenden Polringes.

Die größte Übersetzung ist jeweils durch das Übersetzungsverhältnis

$$m = \frac{p}{q}$$

gegeben. In diesem Fall wird der aus Leitstücken (17) gebildete Leitstückring festgehalten. Wird anstelle des Leitstückringes der langsam laufende Polring festgehalten, so ergibt sich für die gleiche Ausführung das kleinere Übersetzungsverhältnis von Leitstückring zu schnell laufendem Polring

$$m_1 = -(m - 1)$$

Das kleinste Übersetzungsverhältnis ergibt sich bei Verwendung des gleichen Getriebes, wenn der schnell laufende Polring festgehalten wird. Es entsteht dann zwischen dem langsam laufenden Polring (11) und dem Leitstückring das Übersetzungsverhältnis

$$m_2 = \frac{m}{m - 1}$$

Mit allen Getrieben für erfindungsgemäße Kreiselpumpen sind also drei Übersetzungsverhältnisse zu verwirklichen, wobei sich der Drehsinn des Übersetzungsverhältnisses m bei der Übersetzung m_1 ändert. Diese Drehzahlverhältnisse gelten exakt nur, wenn zwei Polringe durch Permanentmagnete oder Elektromagnete magnetisiert sind. Wenn einer der Polringe als Hysteresemagnet oder als Kurzschlußläufer wie ein Elektromotorenanker ausgebildet ist, ist dem Übersetzungsverhältnis der Schlupf eines solchen Polringes überlagert. Es ist bei diesen Getrieben nicht erforderlich, daß das antreibende Teil mit Permanent- oder Elektromagneten ausgebildet ist. Es ist auch zulässig, daß nur der getriebene Polring die Magnetisierung bewirkt. Als permanentmagnetisches Material sieht die Erfindung bevorzugt Klauenausführungen vor, bei denen benachbarte gleichnamige Pole durch weichmagnetische Ringe miteinander kurzgeschlossen sind, so daß stets ein großer Teil des gesamten magnetischen Werkstoffes im Eingriff ist.

Die besondere Zuordnung und Ausbildung der den magnetischen Fluß zwischen den Polringen leitenden Leitstücke nach der Erfindung hat zur Folge, daß das magnetisch aktive Material des Polringes mit der größeren Polzahl nahezu vollständig ausgenutzt wird und damit das durch das Getriebe übertragene Drehmoment wesentlich größer ist als bei bekannten magnetischen Getrieben, bei denen jeweils nur ein dem Verhältnis der Übersetzung entsprechender Anteil der magnetisch aktiven Masse zur Drehmomentübertragung beiträgt.

Anhand der Figuren sollen einige vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung beschrieben werden.

Figur 1 zeigt eine Pumpe mit einem magnetischen Getriebe.

Figur 2 zeigt einen Turbo-Kompressorantrieb mit einem magnetischen Getriebe.

Figur 3 zeigt eine Bohrlochpumpe mit einem übersetzenden magnetischen Getriebe.

Figur 4 zeigt eine Axialpumpe mit einem untersetzenden magnetischen Getriebe.

Figur 5 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform des magnetischen Getriebes mit einer ungradzahligen, gleichsinnigen Reihenstaffelung des Übersetzungsverhältnisses m .

Figur 6 zeigt eine andere bevorzugte Ausführungsform mit einer ungradzahligen, gegensinnigen Reihenstaffelung des Übersetzungsverhältnisses m .

Figur 7 zeigt eine weitere bevorzugte Ausführungsform mit einer gradzahligen gleichsinnigen Reihenstaffelung des Übersetzungsverhältnisses m .

Figur 8 zeigt in Analogie zu Figur 6 eine gradzahlige, gegensinnige Reihenstaffelung des Übersetzungsverhältnisses m .

Figur 9 zeigt eine kugelförmige Ausbildung des erfindungsge-
mäßigen magnetischen Getriebes, vorzugsweise für magnetisch
gelagerte Pumpen.

Figur 10 zeigt in der Abwicklung einen Blechstreifen zur Her-
stellung der Leiststücke.

Figur 11 zeigt verschiedene Ausführungen eines magnetischen Getriebes, bei denen durch magnetisch leitende Polschuhe der magnetische Kraftfluß der Permanentmagnete zum Luftspalt geleitet wird.

Figur 12 zeigt im Beispiel den Bewegungsvorgang in einem magnetischen Getriebe aus Figur 5.

Figur 13 zeigt die Ausbildung des magnetischen Getriebes für die Übersetzungsverhältnisse $1 : 1$ und $(-1) : 1$.

Figur 14 zeigt weitere Ausbildungen der magnetischen Getriebe.

Figur 15 zeigt einen Kurzschlußläufer in einem magnetischen Getriebe mit besonders ausgebildetem Leitstückring.

Figur 1 zeigt eine erfindungsgemäße Pumpe mit magnetischem Getriebe zur Erhöhung der Drehzahl des Pumpenrades 123, wodurch sich die Pumpe sehr kompakt aufbauen läßt. Die Leitstücke 17 sind aus übereinander angeordneten Blechen aufgebaut; der Polring 120 besteht aus radial magnetisierten Permanentmagneten, die durch den Rückschlußring 121 miteinander magnetisch leitend verbunden sind. Der Polring 122 treibt den Pumpenläufer 123 an. Zum hermetischen Abschluß des Pumpeninneren ist eine magnetisch durchlässige Trennwand 124, als Kalotte ausgebildet, vorgesehen. Der Motor 125 treibt über die Rad-scheibe 126 den äußeren Polring an.

Figur 2 zeigt eine gleichartige Strömungsmaschine wie Figur 1, jedoch als Kompressor, insbesondere für Kältemittel, ausgebildet. Bei diesen Kompressoren ist die hermetische Abdichtung von sehr großer Bedeutung, da durch Wellenabdichtungen stets Kältemittelverluste auftreten. Da die Drehzahl von Kompressoren wesentlich größer ist als die von Pumpen, sieht die Erfindung für die Leitstücke 130 einen Aufbau aus extrem dünnen Blechen mit geringsten Ummagnetisierungsverlusten, wie sie bei Tonfrequenztransformatoren Verwendung finden, vor.

Zwischen den Permanentmagnetstücken 131 des äußeren Polringes und den Leitstücken 130 sind aus weichmagnetischem Werkstoff bestehende Polschuhe 132 vorgesehen. Die Trennkalotte 134 ist vorzugsweise aus Kunststoffmaterial, z.B. glasfaserverstärktem Epoxyd aufgebaut, welches durch galvanisch oder durch Verdampfung aufgetragenes Metall in dünnster Schicht gasundurchlässig gemacht wird.

Figur 3 zeigt eine Bohrlochpumpe, bei der ein Motor 111, der in einem hermetisch abgedichteten Gehäuse 110 untergebracht ist, den Polring 112 des magnetischen Getriebes mit der Leitstückring 113 antreibt. In einer konisch ausgebildeten, magnetisch durchlässigen Trennwand 114 läuft der hohtourige Polring 115, der konisch ausgebildet ist und auf Schraubenlinien verlaufende Kanäle 116 aufweist, die eine geringe Flüssigkeitsmenge in den magnetischen "Luftspalt" befördern. Dadurch bildet sich eine hydrodynamische Schmierung aus, wodurch weitere Lager überflüssig werden.

Der Wasserzulauf erfolgt durch die Öffnungen 118. Die mitumlaufende Kappe 110 verhindert ein Eindringen von Sand in den durch die Trennwand gebildeten Raum. Da der Förderdruck der Pumpe sich mit dem Quadrat der Drehzahl ändert, ersetzt bei der erfindungsgemässen Ausführung ein Pumpenlaufrad 117 bei einer Übersetzung von 3:1 insgesamt 9 konventionelle Laufräder, wodurch die Pumpe stark vereinfacht wird.

Figur 4 zeigt ein als Axialpumpe ausgebildetes Rührwerk, das durch ein untersetzendes magnetisches Getriebe angetrieben wird. Auf der Motorwelle 101 des abgebrochen gezeigten Motors ist der innere schnell laufende Polring 102 befestigt; der Leitstückring wird aus geblechten Leitstücken 103 gebildet und treibt mit seinem Drehfeld den langsam laufenden äußeren Polring 106 mit dem Rührer 105 an, dessen Nabe auf einer Lagerkugel 107 abgestützt ist. Als Unterstützung der Lagerkugel dient eine konische Hülse 108, die mit der Trennmembran 109 hermetisch dicht verbunden ist, die die Leitstücke 103 ummantelt und den Motor gegen den Flüssigkeitsraum des Rührwerkes abdichtet.

In den Figuren 5a - 5d sind Ausführungsform des erfindungsgemässen magnetischen Getriebes mit der mathematischen Gesetzmässigkeit

$$m = 4k + 1,$$

wobei k Null oder eine beliebige natürliche Zahl ist, gezeigt.

11

Außerdem wurde in dieser Figur für sämtliche gezeigten Getriebe

$$r = 4 \quad \text{und}$$

$$j = 0,5$$

gewählt.

Dann ergibt sich für

Fig. 5a mit $k = 1$

$$m = 5$$

Fig. 5b mit $k = 2$

$$m = 9$$

Fig. 5c mit $k = 3$

$$m = 13.$$

Mit dem Bezugszeichen 11 wird der langsam laufende Polring mit den ausgeprägten Nordpolen 12 bezeichnet, deren Anzahl jeweils in den Figuren 5a, b, c gleich m ist, und den ausgeprägten Südpolen 13, deren Anzahl jeweils in den Figuren 5a, b, c ebenfalls gleich m ist. Mit dem Bezugszeichen 14 ist in den Figuren 5a - 5d der schnell laufende Polring bezeichnet, wobei das Bezugszeichen 15 jeweils den Nordpol und 16 jeweils den Südpol kennzeichnet.

In den Figuren 5a - 5c wurde

$$q = 2$$

gewählt, den niedrigst möglichen Wert.

Dann ist erfindungsgemäß die Zahl der Leitstücke 17 vorzugsweise gleich dem Doppelten, nämlich 4.

Bei den in den Figuren 5a - 5d gezeigten Ausführungsbeispielen hat jedes einzelne Leitstück mehrere, dem äußeren Polring zugekehrte Polflächen, nämlich bei den Ausführungsformen nach den Figuren 5a und 5d jeweils 2, bei der Ausführungsform nach der Figur 5b 3 und bei der Ausführungsform 5c 4.

Figur 5d stellt für das Beispiel des Übersetzungsverhältnisses

$$m = 5$$

eine Anordnung dar, die durch eine gegenüber Figur 5a verdoppelte Anzahl der Elemente 12, 13, 15, 16, 17 gekennzeichnet ist, wobei das Übersetzungsverhältnis m dasselbe ist.

Erfindungsgemäß kann statt der beschriebenen Verdoppelung eine beliebige ganzzahlige Vervielfachung gewählt werden. Es ist ersichtlich, daß die 4-polige Ausführung der Fig. 5d entstanden ist durch zweimalige Abwicklung des Umfanges der Fig. 5a, so daß für die genannten beliebigen Vielfachen die gleichen Gesetzmäßigkeiten gelten müssen wie für die einfachste Ausführung, nämlich die 2-polige, die in ihrer Funktionsweise in Fig. 12 noch näher beschrieben werden soll.

Die Figuren 6a - 6c zeigen andere bevorzugte Ausführungen des erfindungsgemäßen magnetischen Getriebes mit der mathematischen Gesetzmäßigkeit

$$m = -(4k - 1),$$

wobei k eine beliebige natürliche Zahl, jedoch nicht Null sein soll.

Außerdem wurde in dieser Figur für sämtliche gezeigten Getriebe

$$r = 4$$

und

$$j = 1,5$$

gewählt.

Dann ergibt sich für

$$\text{Fig. 6a mit } k = 1 \quad \underline{m = -3}$$

$$\text{Fig. 6b mit } k = 2 \quad \underline{m = -7}$$

$$\text{Fig. 6c mit } k = 3 \quad \underline{m = -11}.$$

In den Figuren 6a - 6c werden für gleich wirkende Teile die gleichen Bezugszeichen wie in den Figuren 5a - 5d verwendet.

Die Figuren 7a - 7d zeigen weitere bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen magnetischen Getriebes mit der mathematischen Gesetzmäßigkeit

$$m = 2(k + 1),$$

wobei k Null oder eine beliebige natürliche Zahl ist. Außerdem wurde in diesen Figuren für sämtliche gezeigten Getriebe

$$r = 4$$

und

$$j_1 = 0,5 \text{ und } j_2 = 2,5$$

gewählt.

Hierbei ist per Definition unter j_1 das dreimal pro magnetischem Getriebe auftretende kleinste Verhältnis j und unter j_2 das einmalig pro magnetischem Getriebe auftretende größte Verhältnis j dieser mit der obigen Formel gekennzeichneten Gruppe von magnetischen Getrieben zu verstehen, die durch die Anzahl der Leitstücke

$$r = 4$$

gekennzeichnet ist.

Dann ergibt sich für

Fig. 7a mit $k = 0$	$\underline{m = 2}$
Fig. 7b mit $k = 1$	$\underline{m = 4}$
Fig. 7c mit $k = 2$	$\underline{m = 6}$
Fig. 7d mit $k = 3$	$\underline{m = 8.}$

In den Figuren 7a - 7d werden für gleich wirkende Teile die gleichen Bezugszeichen wie in den Figuren 5a - 5d verwendet.

Die Figuren 8a - 8d zeigen weitere bevorzugte Ausführungen des erfindungsgemäßen magnetischen Getriebes mit der mathematischen Gesetzmäßigkeit

$$m = -2(k + 1),$$

wobei k eine beliebige natürliche Zahl, jedoch nicht Null sein soll.

Außerdem wurde in diesen Figuren für sämtliche gezeigten Getriebe

$$r = 4$$

und

$$j_1 = 1,5 \text{ und } j_2 = 3,5$$

gewählt.

Dann ergibt sich für

Fig. 8a mit $k = 1$	$\underline{m = -4}$
Fig. 8b mit $k = 2$	$\underline{m = -6}$
Fig. 8c mit $k = 3$	$\underline{m = -8}$
Fig. 8d mit $k = 4$	$\underline{m = -10.}$

In den Figuren 8a - 8d werden für gleich wirkende Teile die gleichen Bezugszeichen wie in den Figuren 5a - 5d verwendet.

Die Zahl der Polflächen jedes Leitstückes, die gemäß der Erfindung zu den hervorragenden Ergebnissen führt, hängt ausschließlich von der verwendeten Anzahl dieser Leitstücke und der Zahl k ab. So ist bei den Ausführungsformen 5a bis 5d, bei denen k Null oder eine natürliche Zahl sein kann, die Zahl der Polflächen an einem Leitstück, die dem Polring mit der größeren Polzahl zugekehrt sind

$$r'_p = \frac{r}{4} (k + 1),$$

während bei der Ausführungsform nach den Figuren 6a bis 6c, bei denen k eine natürliche Zahl ist,

$$r'_p = \frac{r}{4} k$$

beträgt.

Für die in den Figuren 7a bis 7d gezeigten Ausführungsformen gilt für die Summe der Polflächen

$$r_p = m - 2$$

während für die in den Figuren 8a bis 8d gezeigten Ausführungsformen gilt

$$r_p = m;$$

hierbei ist $r'_p = r_p/r$ beziehungsweise

$$r'_{p1} = r_p/r \text{ und } r'_{p2} = r_p/r + 1,$$

sofern bei der Division r_p/r ein Rest bleibt.

Figur 9 zeigt ein magnetisches Getriebe im Längsschnitt, bei dem der langsam laufende Polring aus einem Ringmagneten 51 und darauf aufgeklebten weichmagnetischen Zwischenstücken 52 besteht, deren Anzahl der Polzahl des Magneten entspricht. In den feststehenden Leitstücken 53 rufen sie eine periodische Ummagnetisierung hervor.

Diese wirkt auf den schnell laufenden Polring 54, der die geringere Polzahl aufweist und aus einem magnetischen Formteil besteht. Im vorliegenden Falle ist zwischen den Leitstücken 53

und dem schnell laufenden Polring 54 eine Trennkalotte 55, vorzugsweise aus unmagnetischem und elektrisch schlecht leitendem Material angeordnet, während der schnell laufende Polring 54 mit einem Pumpenlaufrad 56 eine Einheit bildet. Im Nadir der Trennkalotte ist eine Säule 57 angeordnet, die in einer Kugel endet und bei 58 im Zentrum der Kalotte 55 das Pumpenlaufrad 56 unterstützt. Die Zentren der magnetischen Pole sowohl der Leitstücke 53 als auch des Polringes 54 sind im Schnittpunkt eines Kegels 59 mit den konkaven bzw. konvexen Luftspalt-begrenzenden Flächen angeordnet, wodurch eine magnetische Lagerung des Pumpenläufers 56 gewährleistet ist. Teil 60 ist ein Eisenring, der den magnetischen Kraftfluß verstärkt.

Figur 10 zeigt abgewickelt einen Blechstreifen, der im aufgewickelten Zustand einen spiraligen Körper 53 gemäß Figur 9 ergibt. Die Pole 63 haben nur einen Teil der Umfangserstreckung der Pole 64. Die Verbindungsstege 65 und 66 zwischen den Leitstücken 17 und 17' sind so schmal, daß sie für die mechanische Festigkeit ausreichend sind, jedoch magnetisch keinen nennenswerten Kurzschluß darstellen.

Figur 11 a zeigt eine Ausbildung des langsam laufenden Polringes in Draufsicht, wobei Oxidmagnete 70 zwischen Weicheisenwinkeln 71 angeordnet sind. Hierdurch ist es möglich, zum Luftspalt hin eine höhere Induktion zu erhalten, als sie mit Sintermagneten sonst erzielbar ist.

Figur 11 b zeigt einen außen laufenden Polring im Schnitt, der aus einem permanentmagnetischen Ring 73, der axial magnetisiert ist, und zwei spiegelsymmetrischen Weicheisenformteilen 74 und 74' besteht. Die Weicheisenformteile bestehen aus Verbindungsringen 75 und Klauenpolen 76, die vorzugsweise verjüngend ausgebildet sind. Je weniger Pole 76 gleichzeitig im Eingriff stehen, desto größer muß der Querschnitt der Rückschlußringe 75 sein, damit die gesamte Umfangserstreckung des Magneten 73 ausgenutzt wird.

Figur 11 c zeigt einen ähnlichen Aufbau eines Ringes mit Klauenpolen, bei dem mehrere Magnetringe 73' wiederum axial magnetisiert zwischen Klauenpolringen 74' angeordnet sind. Die nebeneinander liegenden Klauenpole 76' bilden einen Nordpol, die nebeneinander liegenden Klauenpole 77 bilden einen Südpol. Diese Anordnung ermöglicht die Verwendung von Werkstoffen extrem hoher Koerzitivkraft, insbesondere auf Samarium- oder Cer-Basis, die Magnete extrem geringer Erstreckung in Magnetisierungsrichtung erforderlich machen.

Die in Fig. 5 - 9 besonders herausgestellten erfindungsge-
mäßigen magnetischen Getriebe sind aufgebaut als zweiphasige,
zirkulare oder elliptische Drehfeldsysteme, indem die vier
Leitstücke 17 jeweils zwei um $\frac{\pi}{2}$ zeitlich versetzte Wechsel-
felder erzeugen, wenn einer der beiden Polringe gegenüber
dem Leitstückring bewegt wird.

Die Figuren 12a - c zeigen im einzelnen den Verlauf des magne-
tischen Kraftflusses bei drei ausgezeichneten Stellungen der
beiden hier beweglichen Polringe gegenüber dem raumfesten Leit-
stückring, der aus der Gesamtheit der Leitstücke 17 gebildet
wird.

Figur 12 a zeigt den schnell laufenden Polring 14 in horizon-
taler Stellung mit links gelegenen Nordpol 15, von dem aus
die Kraftlinien das Leitstück 17a durchsetzen und über drei
Südpole 13, von denen der mittlere durch ein x markiert ist,
und den ferromagnetischen Mantel des Polringes 11 sowie über
dessen Nordpole 12 und das Leitstück 17b zurückfließen zum
Südpol 16 des inneren Polringes. Die dadurch fixierte Lage
der Polringe zueinander ist stabil.

Wird nun, wie in Fig. 12 b gezeigt, der Polring 11 im Uhr-
zeigersinn bewegt um eine halbe Breite seiner Polfläche, so
verzweigt sich der magnetische Kraftfluß auf die Leitstücke
17a/17b und 17a' und 17b'; dadurch wirkt auf den Polring 14
eine Kraft ein, die ihn ebenfalls im Uhrzeigersinn zu ver-

drehen sucht. Ihre nächste stabile Lage erreichen die beiden Polringe 11 und 14 in der in Figur 12 c gezeigten Stellung, wobei der schnell laufende Polring 14 einen um den Faktor $m = 9$ größeren Winkelbetrag durchlaufen hat als der langsam laufende Polring 11.

Der beschriebene Bewegungsablauf wird bestimmt durch die Lage der Polflächen 21 der Leitstücke 17, die dem langsam laufenden Polring zugewandt sind und die Lage der Polflächen 22 der Leitstücke, die dem schnell laufenden Polring zugewandt sind. Die Polflächen 21 ein und desselben Leitstückes verbinden jeweils gleichnamige Pole miteinander, ihr Winkelabstand ist also durch den Winkelabstand 27 der Zentren 25 und 25' benachbarter Pole des langsam laufenden Polringes 11 bestimmt. Wesentlich für das Übersetzungsverhältnis und den Drehsinn des Getriebes ist neben dem Verhältnis der Polzahlen der beiden Polringe 11 und 14 vor allem der Winkelabstand 24 der Zentren 23 und 23' benachbarte Leitstücke 17 und 17'.

Bei den bevorzugten Ausführungen, die in den Figuren 5a - 8d beschrieben wurden, wurde auch gezeigt, daß dieser Winkelabstand die Gesetzmäßigkeiten ganzer Gruppen von Getrieben mathematisch definiert.

In diesem beschriebenen Bewegungsablauf wurde vorausgesetzt, daß der Leitstückring festgehalten wird. Hält man jedoch statt dessen den langsam rotierenden Polring 11 mit der größeren Polzahl fest, so ergibt sich in allen Fällen ein Übersetzungsverhältnis

$$m_1 = -(m - 1).$$

Hält man schließlich den schnell laufenden Polring 14 mit der kleineren Polzahl fest, so ergibt sich zwischen dem Leitstückring und dem langsam laufenden Polring ein Übersetzungsverhältnis

$$m_2 = \frac{m}{m - 1}.$$

Damit ergibt sich prinzipiell für alle magnetischen Getriebe zum Antrieb von Pumpen die Möglichkeit, mit einem Getriebe durch Wahl der Kopplung eines der Elemente 11, 14 oder 17 mit dem raumfesten Gehäuse 3 verschiedene Übersetzungsverhältnisse zu verwirklichen. Dieser Vorteil kann durch die erfindungsgemäße koaxiale Bauweise der beschriebenen magnetischen Getriebe voll wahrgenommen werden.

Die beiden in der Fig. 13 a und 13 b dargestellten magnetischen Getriebe sind durch den Sonderfall

$$\text{Betrag } m = 1$$

gekennzeichnet, was bei Pumpen für hohe Systemdrücke Bedeutung erlangt.

In den gezeichneten Beispielen ist eine 4-polige Ausführungsform gewählt, was aber prinzipiell unerheblich ist.

Diese Getriebe haben mit den in den Fig. 5 a - 8 d gezeigten Beispielen das Prinzip des zweiphasigen Drehfeldaufbaues gemeinsam, stellen jedoch keine typischen Vertreter größerer Getriebegruppen vor.

Die oben als Charakteristik genannten Parameter haben in beiden Fällen folgende Werte:

$$p = q = 8$$

$$r = r_p = r_q = 16.$$

Der Unterschied zwischen Fig. 13 a und 13 b besteht darin, daß im ersten Falle die Leitstücke 17 radial verlaufen, während im zweiten Falle die Leitstücke 17 a geschränkt zu den Leitstücken 17a' und ebenso die Leitstücke 17b geschränkt zu den Leitstücken 17b' verlaufen, so daß sich gemäß der in Fig. 12 erläuterten Funktionsweise die Drehrichtung des Polringes 14 im Falle der Fig. 1 b umkehrt gegenüber Fig. 1 a.

Die Figuren 14 a - 14 d zeigen weitere Möglichkeiten der Ausbildung erfindungsgemäßer Magnetgetriebe, wobei von jeder dargestellten Form wieder eine Reihe abgeleitet werden kann. Im Hinblick auf den geringeren Ausnutzungsgrad der in diesen Figuren 14 a - 14 d dargestellten Ausführungsformen ist jedoch darauf verzichtet worden.

Figur 14 a zeigt ein Magnetgetriebe mit dreiphasigem Drehfeld. Während das Leitstück 17' vom Nordpol 12' voll überdeckt wird, ist das Leitstück 17'' erst teilweise vom Nordpol 12'' überdeckt, so daß die Induktion dieses Poles geringer ist. Das Leitstück 17''' ist noch ohne Induktion. Seine Induktion nimmt in gleichem Maße zu, wie die Induktion des Leitstückes 17' abnimmt.

Figur 14 b zeigt einen gleichartigen Grundaufbau, bei dem die Leitstücke 17' und 17''' mit den Leitstücken der Fig. 14 a praktisch identisch sind, während das Leitstück 17'' zum langsam laufenden Polring hin die doppelte Polbreite aufweist. Die Leitstücke 17' und 17''' bewirken einen rein zweiphasigen Betrieb. Das Leitstück 17'' dient zur Vergrößerung der Durchflutung, weil der Nordpol 12' den Pol 17'' solange überdeckt, wie die beiden Leitstücke 17' und 17''' nacheinander überdeckt sind.

Figur 14 c zeigt eine Ausbildung mit 4 Leitstücken, von denen drei Leitstücke 17, 17', 17'' jeweils einem Pol des langsam laufenden Polringes gegenüberstehen, während das vierte Leitstück 17''' jeweils zwei gleichnamigen Polen des langsam laufenden Polringes gegenübersteht, wodurch die Luftspaltinduktion verringert wird, was zu kleinerer Streuung und höherem Ausnutzungsgrad führt.

Figur 14 d zeigt eine Anordnung für das Übersetzungsverhältnis $m = 2 : 3$. Der vierpolige schnell laufende Polring 14 erhält über die Leitstücke ein nicht gleichförmiges Drehfeld, welches von den 6 Polen des langsam laufenden Polringes 11 erzeugt wird. Die Leitstücke 17 und 17' erzeugen ein zweiphasiges gegenläufiges Drehfeld, während die übrigen Leitstücke dem Rückschluß dienen und nur magnetische Wechselfelder zur Drehmomenterzeugung anbieten. Der Ungleichförmigkeitsgrad, der insbesondere bei dieser Ausführungsform erheblich ist, kann bei Misch- und Emulgiergeräten vorteilhaft ausgenutzt werden.

Ist hoher Gleichförmigkeitsgrad gewünscht, so läßt sich dieser in allen Fällen durch Anordnung von Polen und Leitstücken auf Schraubenlinien, wie dies von Elektromotorenankern bekannt ist, erzielen.

Figur 15 zeigt einen Kurzschlußläufer 90 mit der Käfigwicklung 91 im Schnitt, wobei nur eine Symmetriehälfte zur Rotationsachse 92 dargestellt ist. Der außenliegende Polring besteht aus zwei konkaven Rotationskörpern 93 und 93' aus Permanentmagnetwerkstoff, die in einem Eisenrückschlußring 94 gehalten sind. Der stationäre Weicheisenpol 95 ist nach innen konvergierend aufgebaut, damit die Induktion, die im Luftspalt 96 durch die Magnetqualität begrenzt ist, im Luftspalt 97 heraufgesetzt wird.

2048286

Ansprüche

1. Kreiselpumpe für Flüssigkeiten und Gase mit einem Lauf-
rad, welches mit einem ersten magnetischen Polring eine
Einheit bildet, einer magnetisch durchlässigen Trennwand,
die im Bereich des Polringes die Wandung des Pumpen-
raumes bildet und einer Einrichtung zur Erzeugung eines
magnetischen Drehfeldes zum Antrieb des Polringes, da-
durch gekennzeichnet, dass ein zweiter Polring (17) und
ein dritter Polring (120) ausserhalb des Pumpenraumes ange-
ordnet sind, wobei der zweite Polring (17) sowohl mit dem
ersten Polring (122) als auch mit dem dritten Polring (120)
durch magnetische Luftspalte getrennt ist und wobei entweder
der zweite Polring (17) oder der dritte Polring (120) von
einem Motor angetrieben wird und entweder der erste Polring
(122) und/oder der dritte Polring (120) Permanent- oder
Elektromagneten sind.
2. Kreiselpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
der erste Polring (115) als Kugelabschnitt und der zweite
Polring (113) als Hohlkugel ausgebildet ist.
3. Kreiselpumpe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
dass der erste Polring (115) spiralförmige Rillen (116) aufweist.
4. Kreiselpumpen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
Motor (111) und Polring (112) in einem Gehäuse (110) durch
eine Trennwand (114) hermetisch vom Pumpenraum getrennt
sind.

5. Kreiselumpen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Pumpenlaufrad (117), mit der Saugseite zum Polring (115) weisend, mit diesem verbunden ist.
6. Kreiselumpen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Polring (54) sphärisch ausgebildet ist und mit dem Laufrad (56) eine Einheit bildet und dass die Magnetpolzentren des ersten Polringes (59) und des zweiten Leitstückringes (53) auf einem Kugelmantel (55) liegen und dass das Laufrad (56) in an sich bekannter Weise im Zentrum (58) der Kugel axial unterstützt ist.
7. Kreiselumpen nach Anspruch 1 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Polring aus einer Blechspirale aufgebaut ist.
8. Kreiselumpen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der dritte Polring (120) einen Hohlzylinder bildet und über einen aus Blechscheiben zusammengesetzten zweiten Polring (17) den ersten Polring (122) antreibt.
9. Kreiselumpen nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Polring (130) zwischen zwei konzentrischen Kugelschalen liegt.
10. Kreiselumpen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Volumen an Magnetwerkstoff des dritten Polringes (120) ein Vielfaches von dem Volumen des Magnetwerkstoffes (122) des schnelllaufenden ersten Polringes ausmacht.
11. Kreiselumpen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennkalotte (134) aus nicht-metallischem Werkstoff besteht.

2048285

12. Kreispumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Polring als Druckzylinder ausgebildet ist.
13. Kreispumpe nach Anspruch 1 und insbesondere nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Polzahl des ersten Polringes (115) mit der Polzahl des dritten Polringes (120) zusammenfällt.

FIG. 9

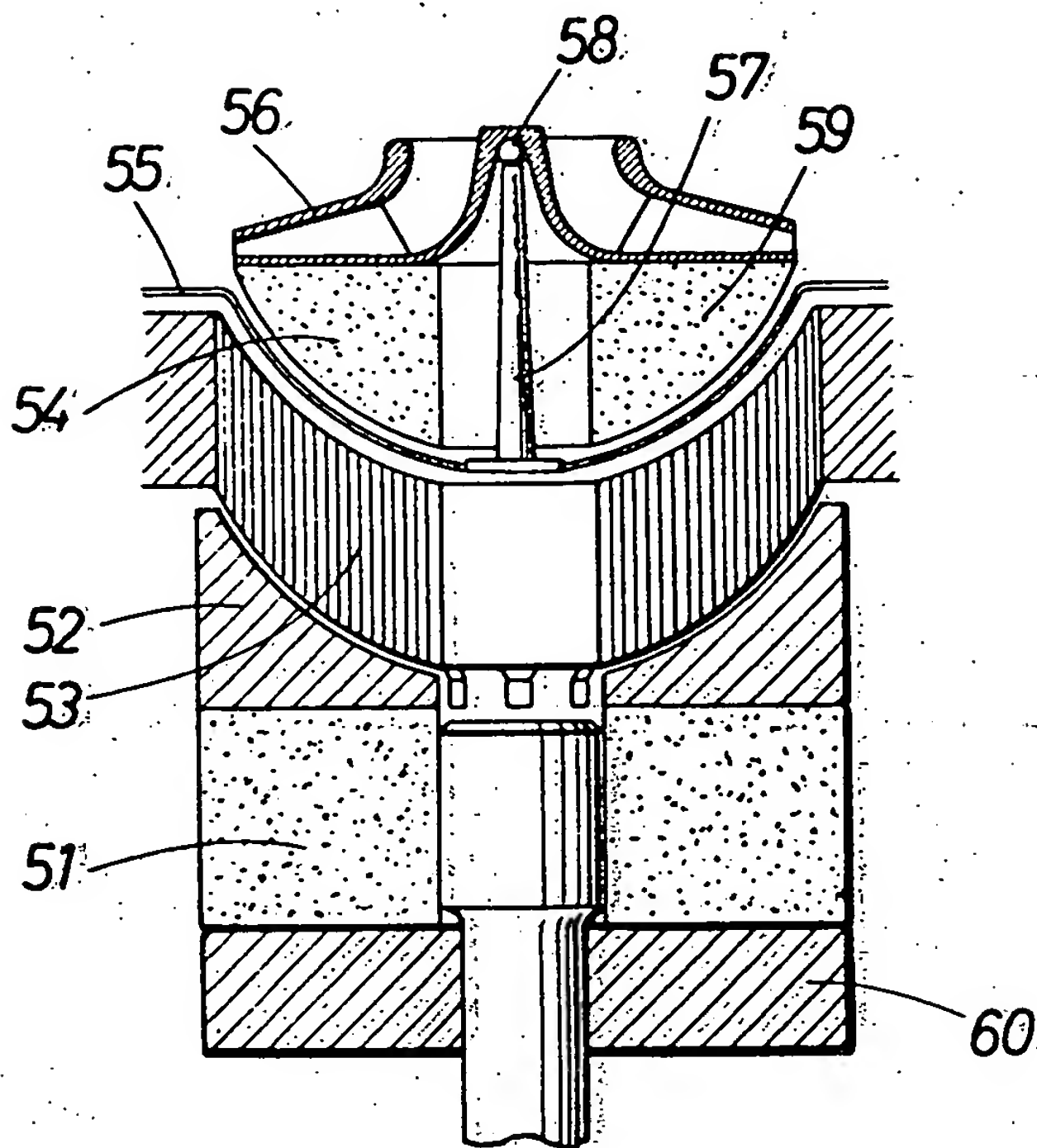


FIG. 10

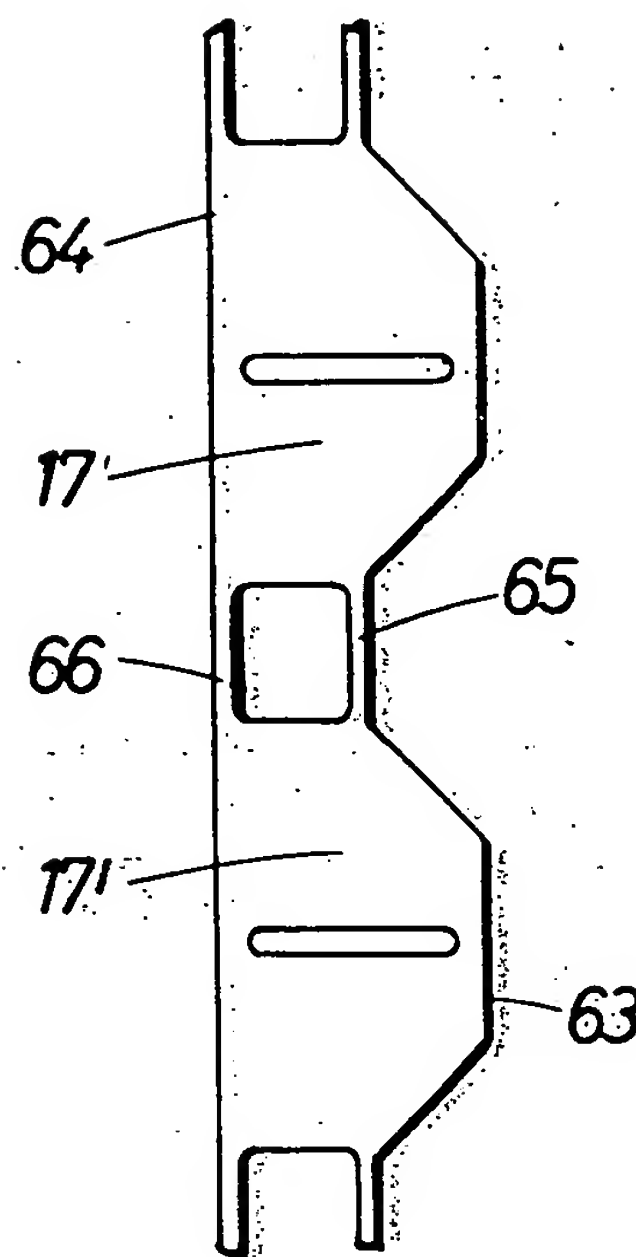
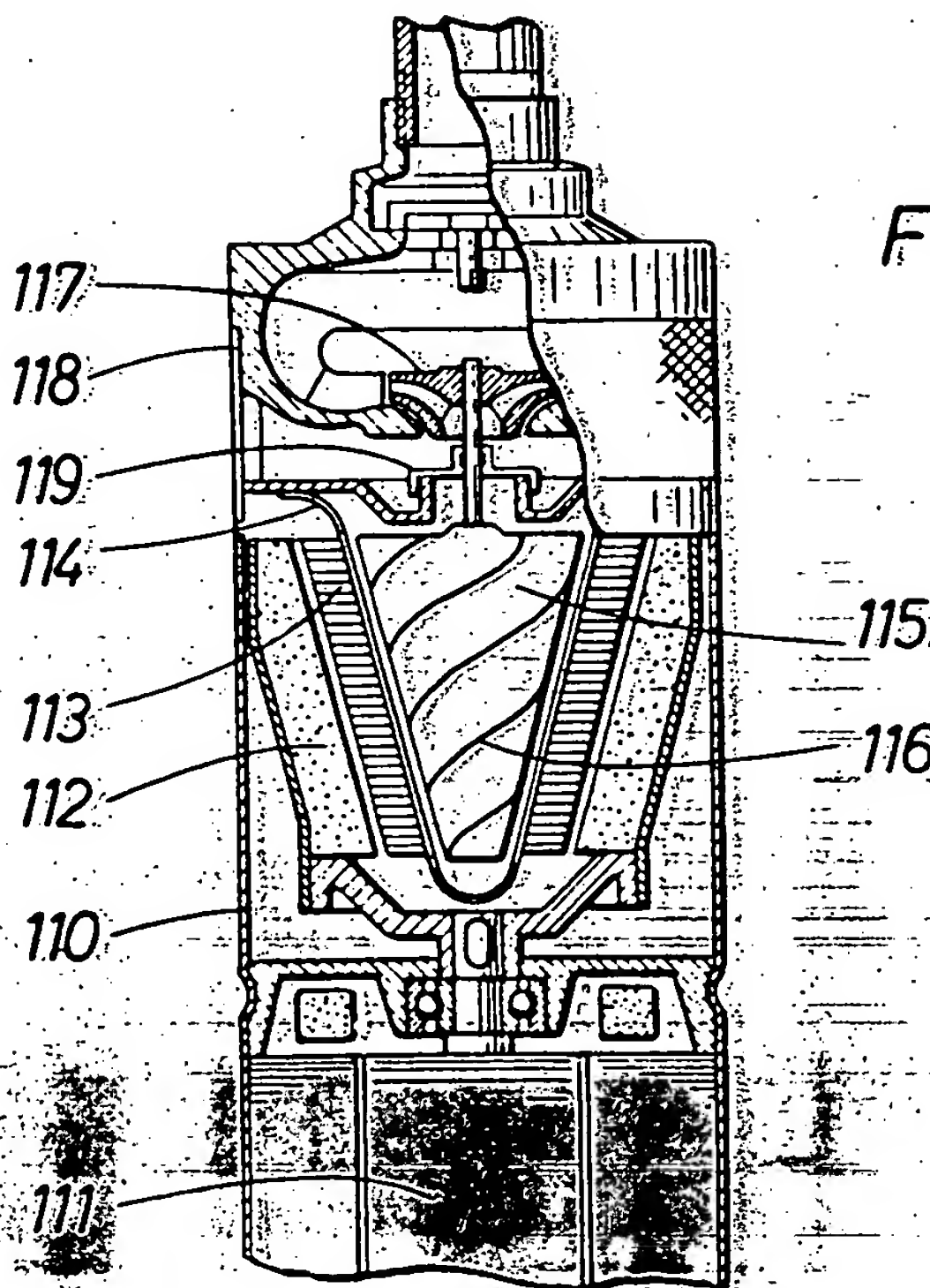


FIG. 3



1971

2048286

95

FIG. 15

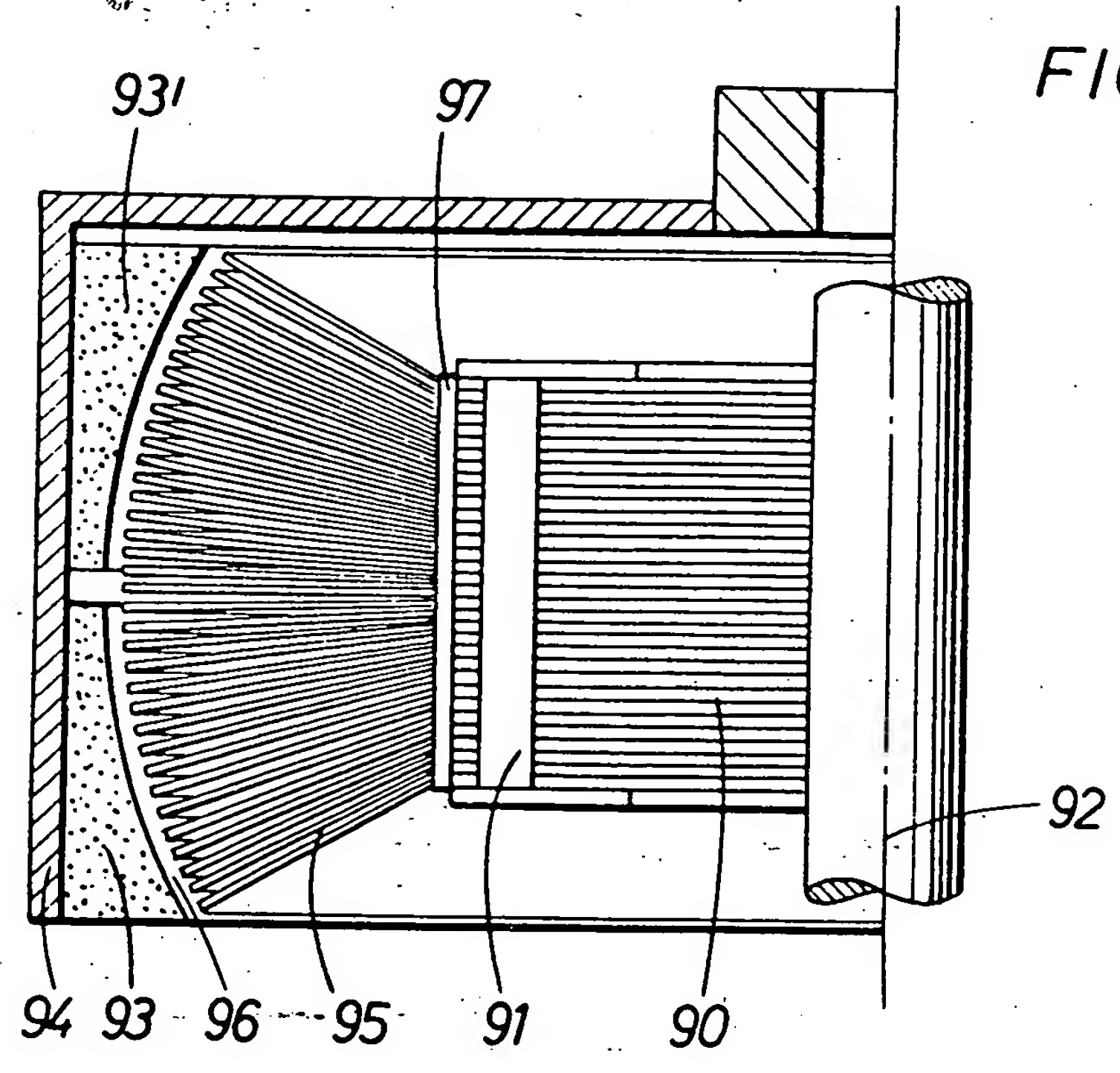
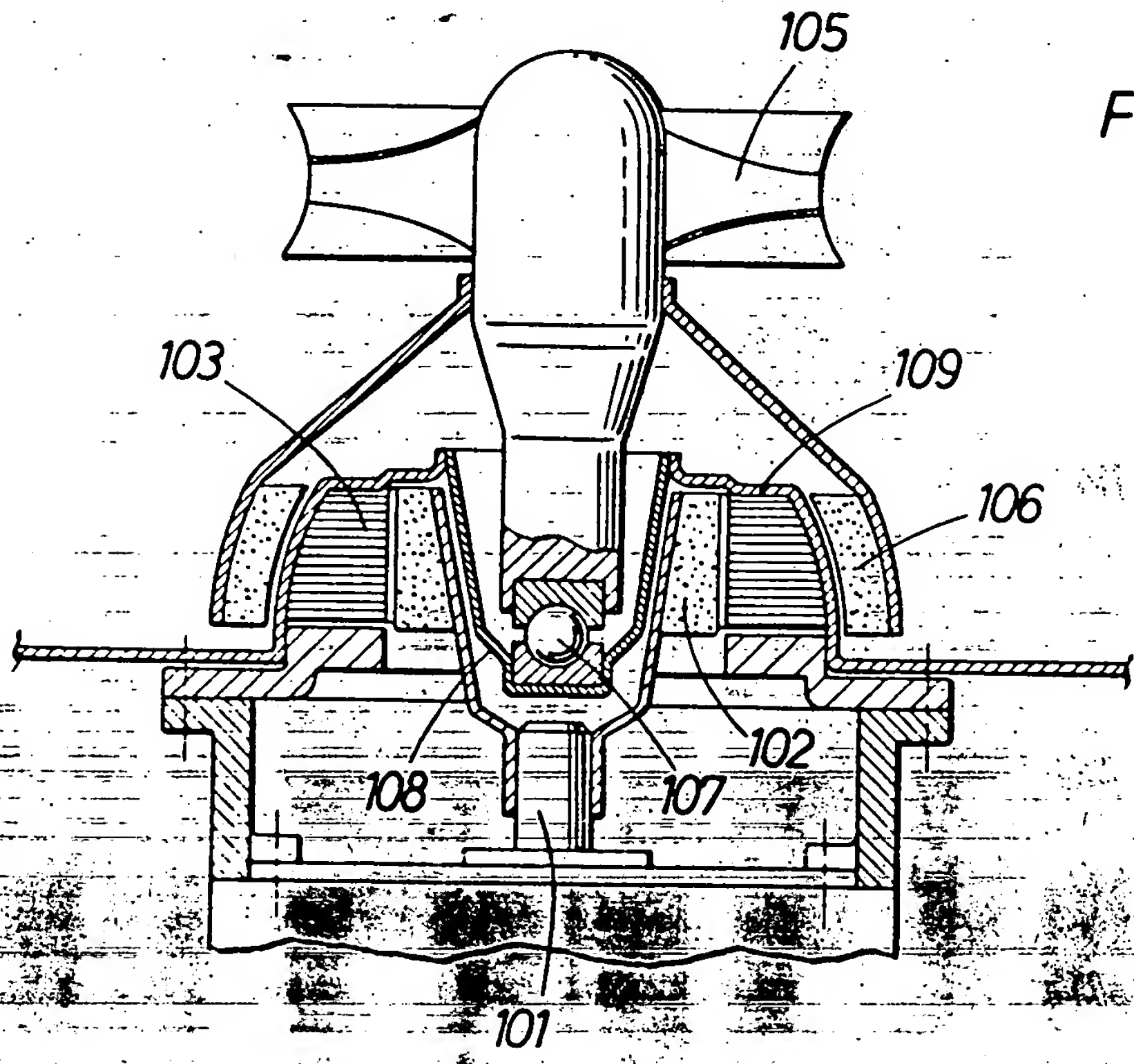


FIG. 4



1971

26

2048286

FIG 5a

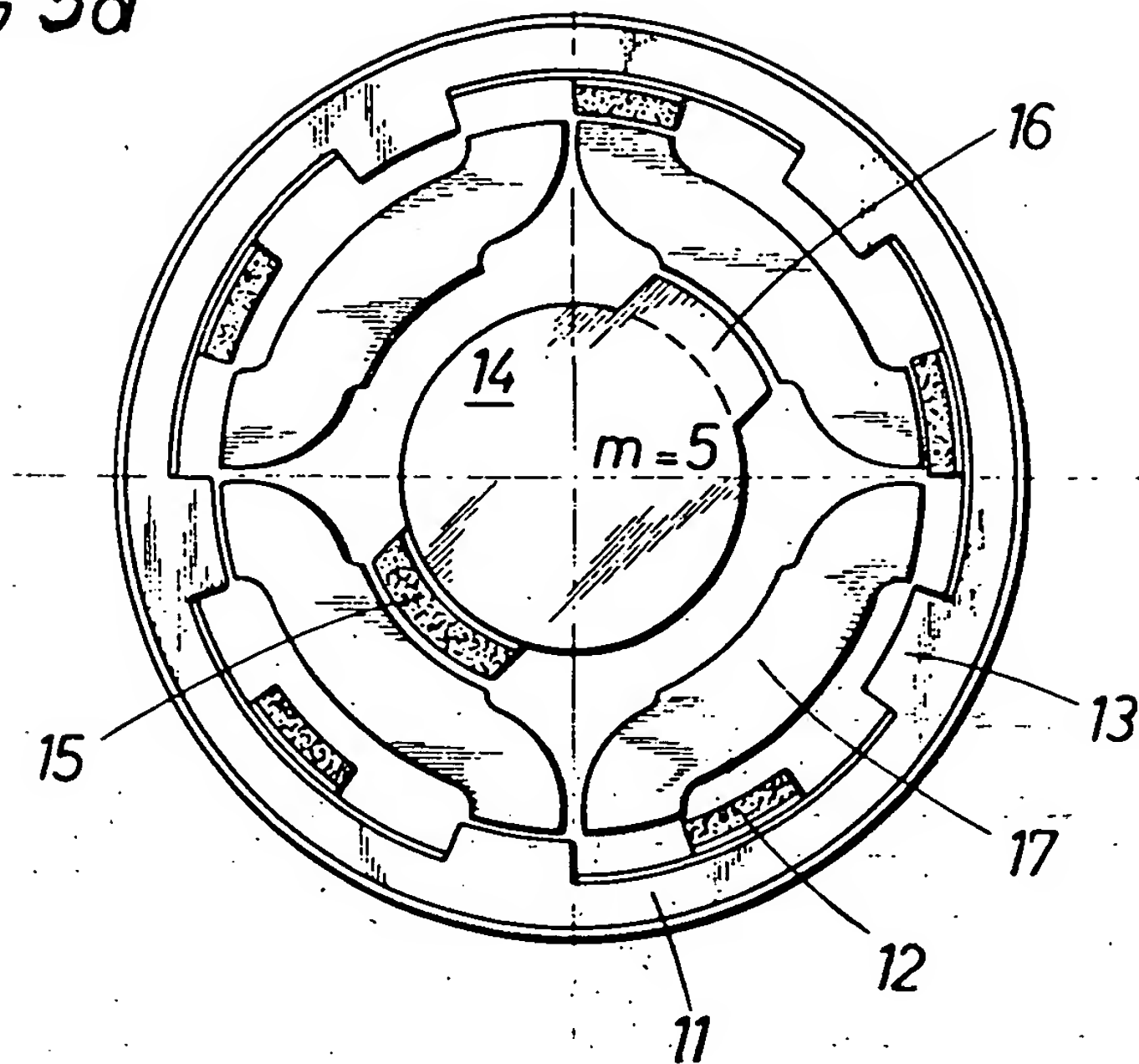
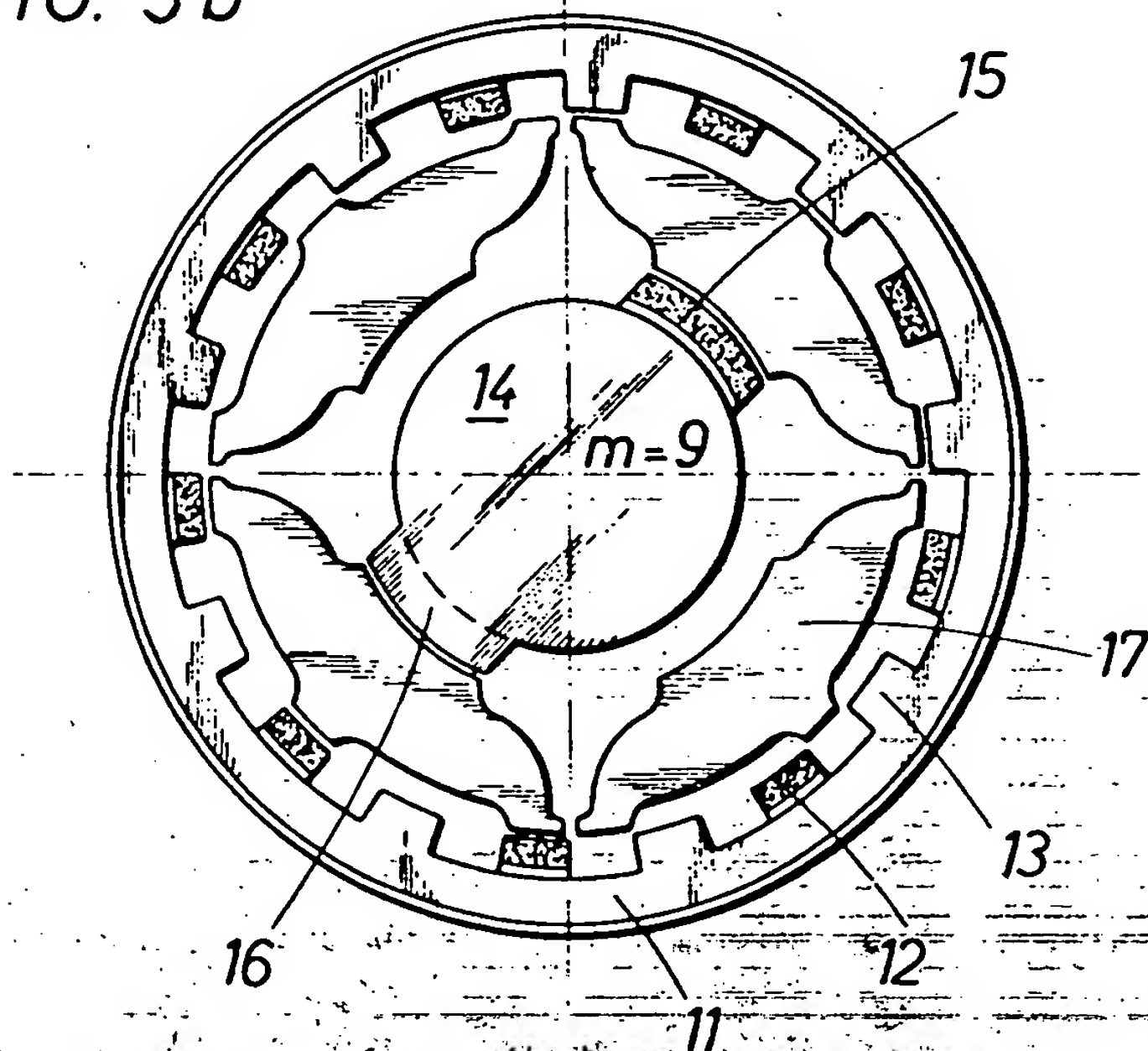


FIG. 5b



1971

27

2048286

FIG. 5c

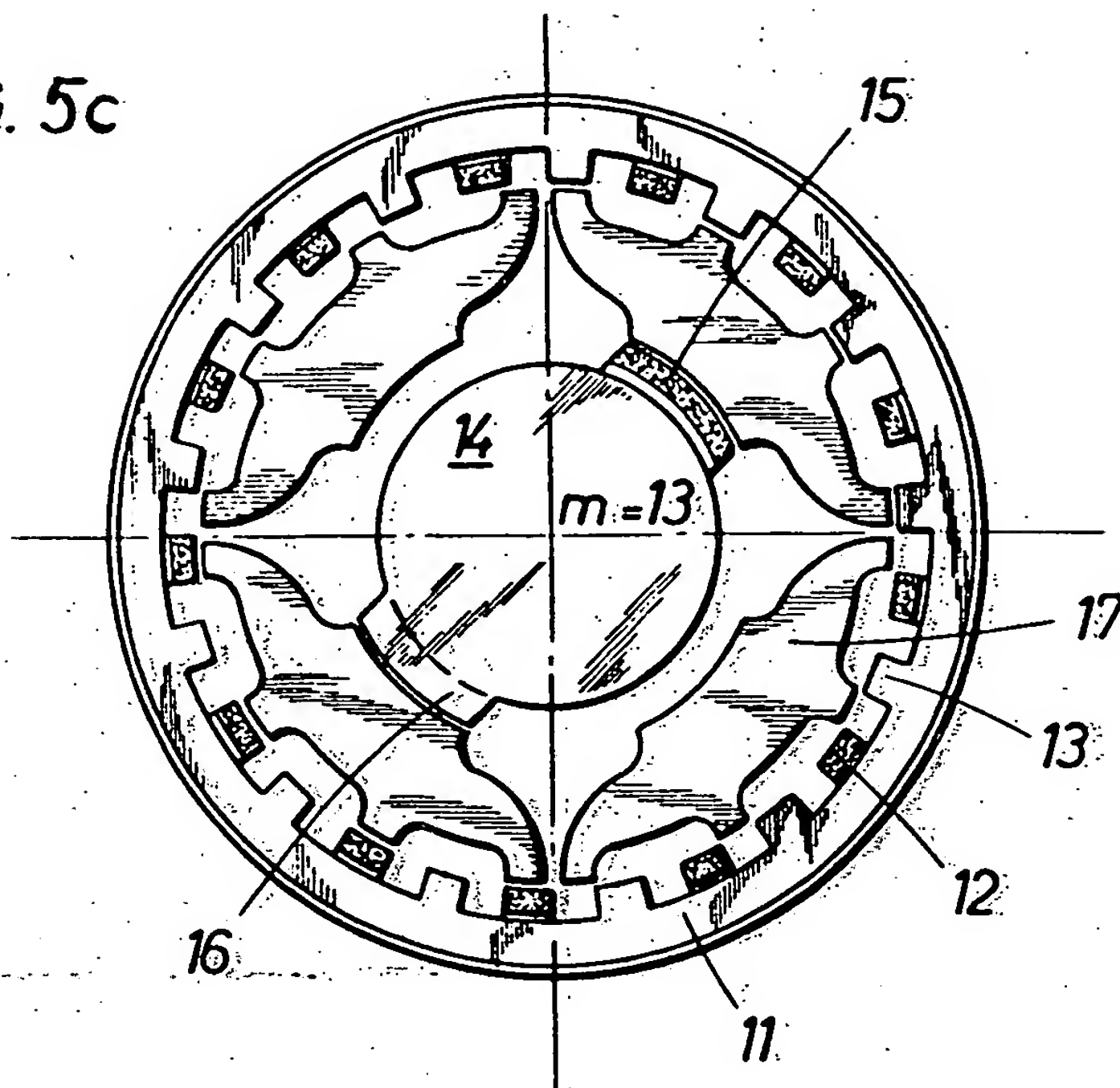


FIG. 5d

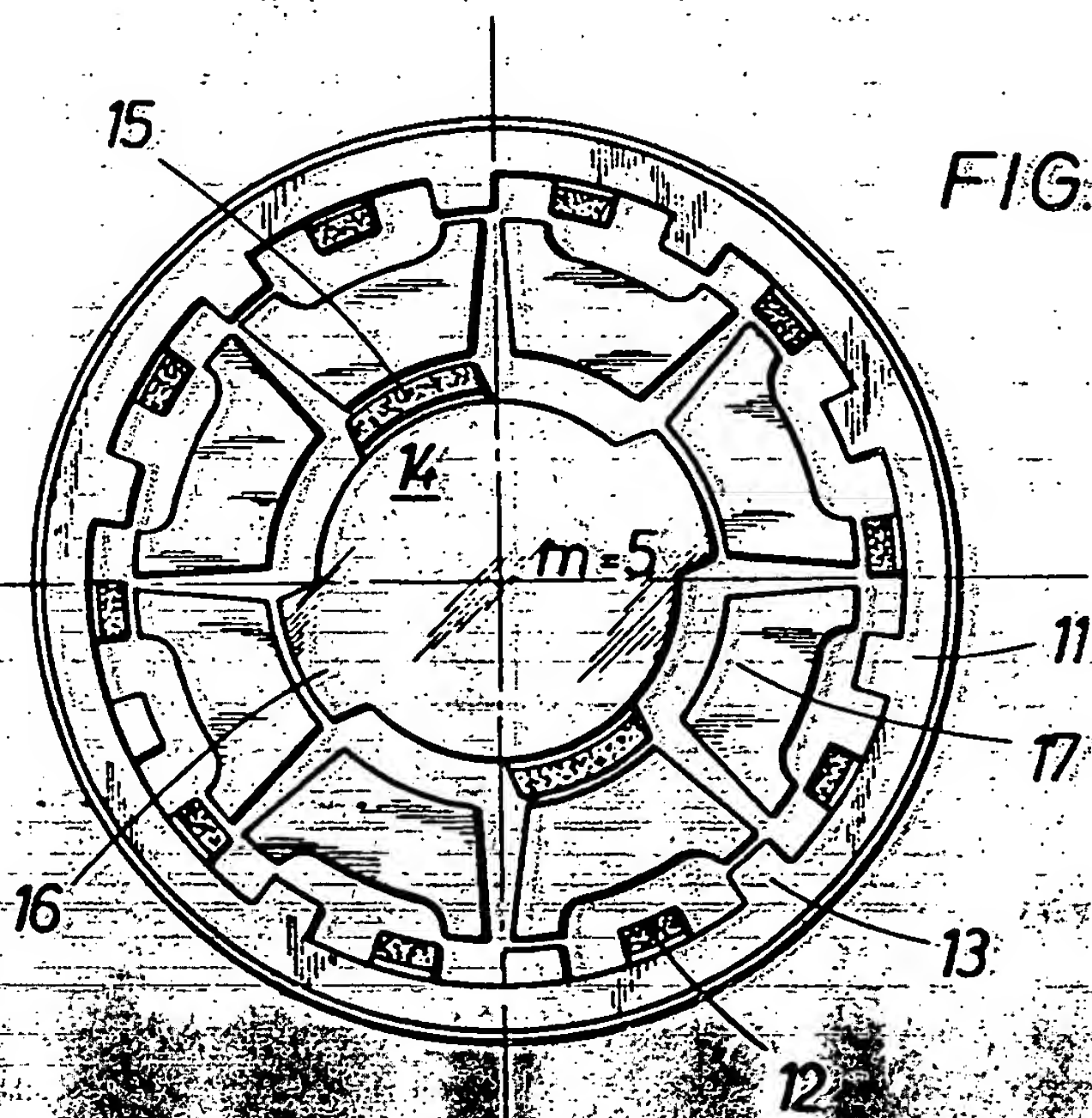


FIG. 6a

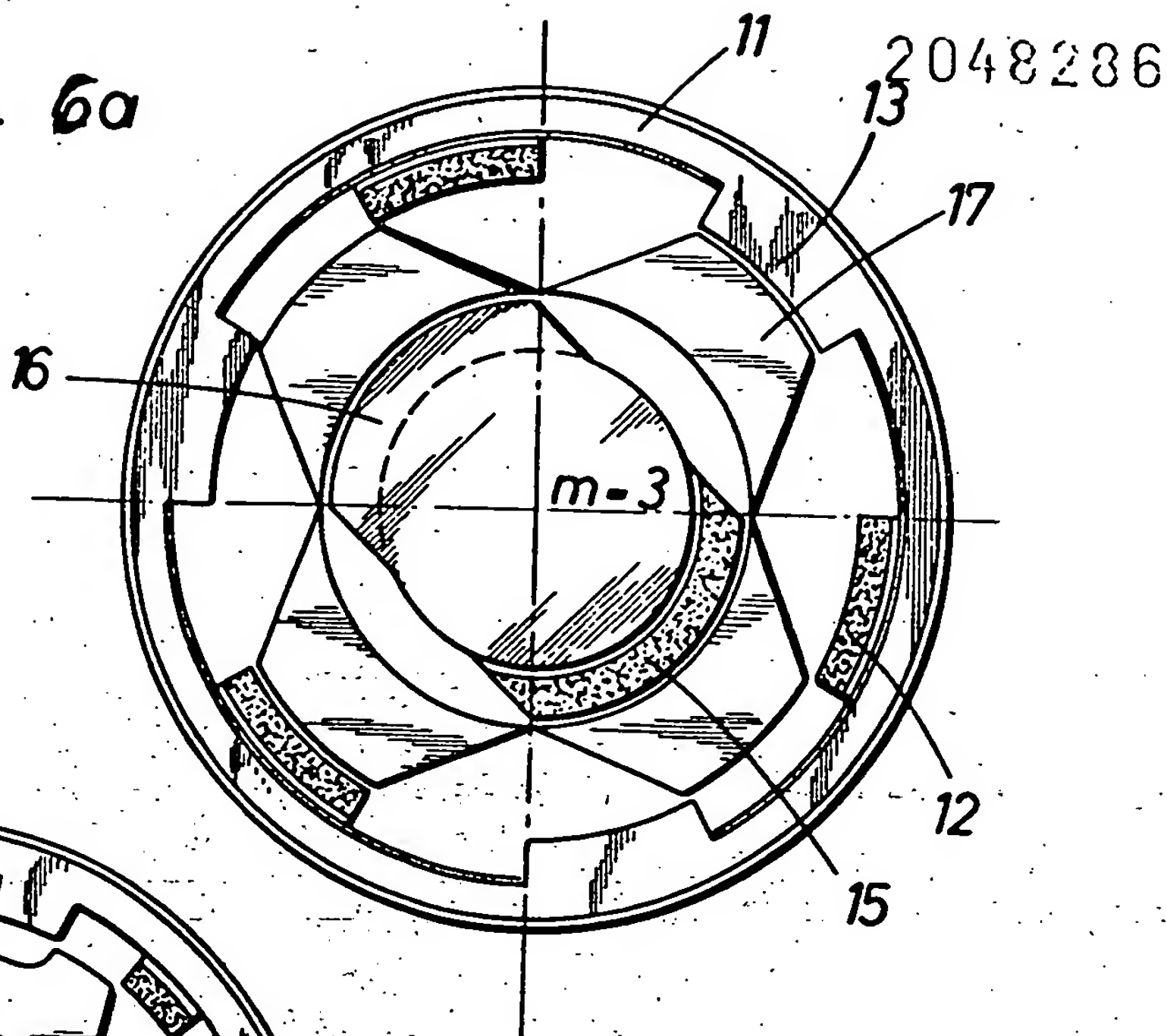


FIG. 6b

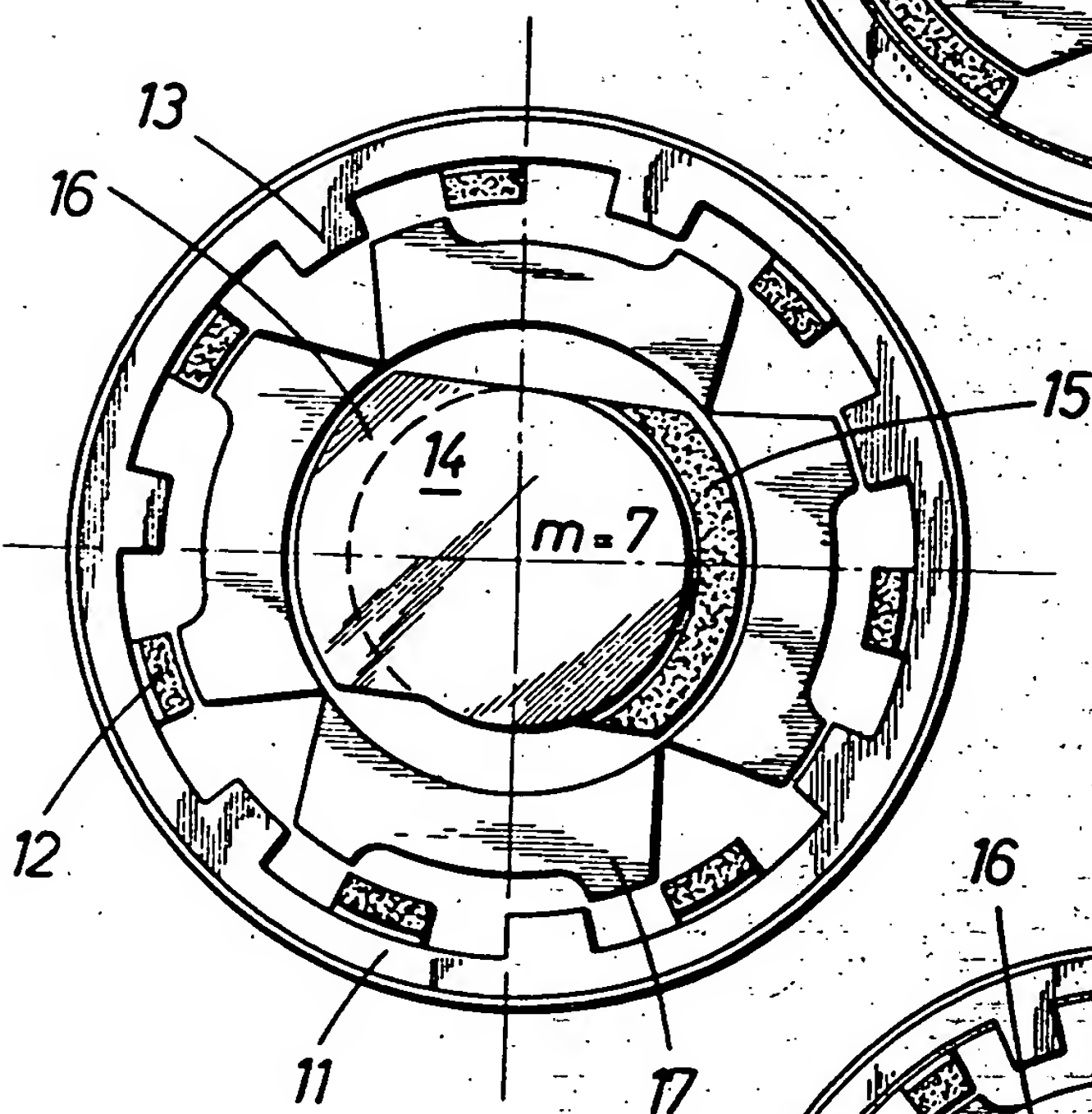
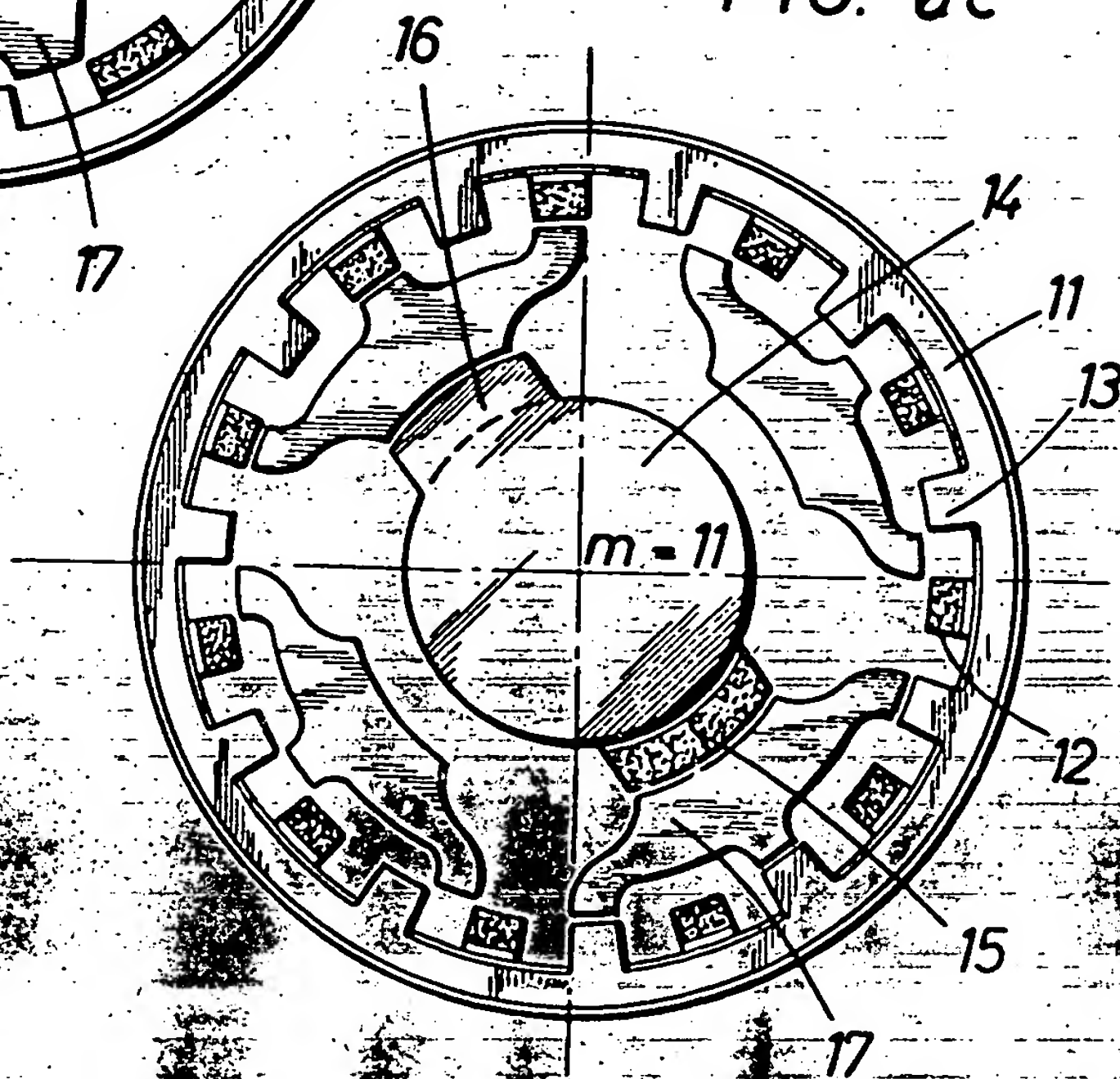


FIG. 6c



1971

29

2048286

FIG. 7a

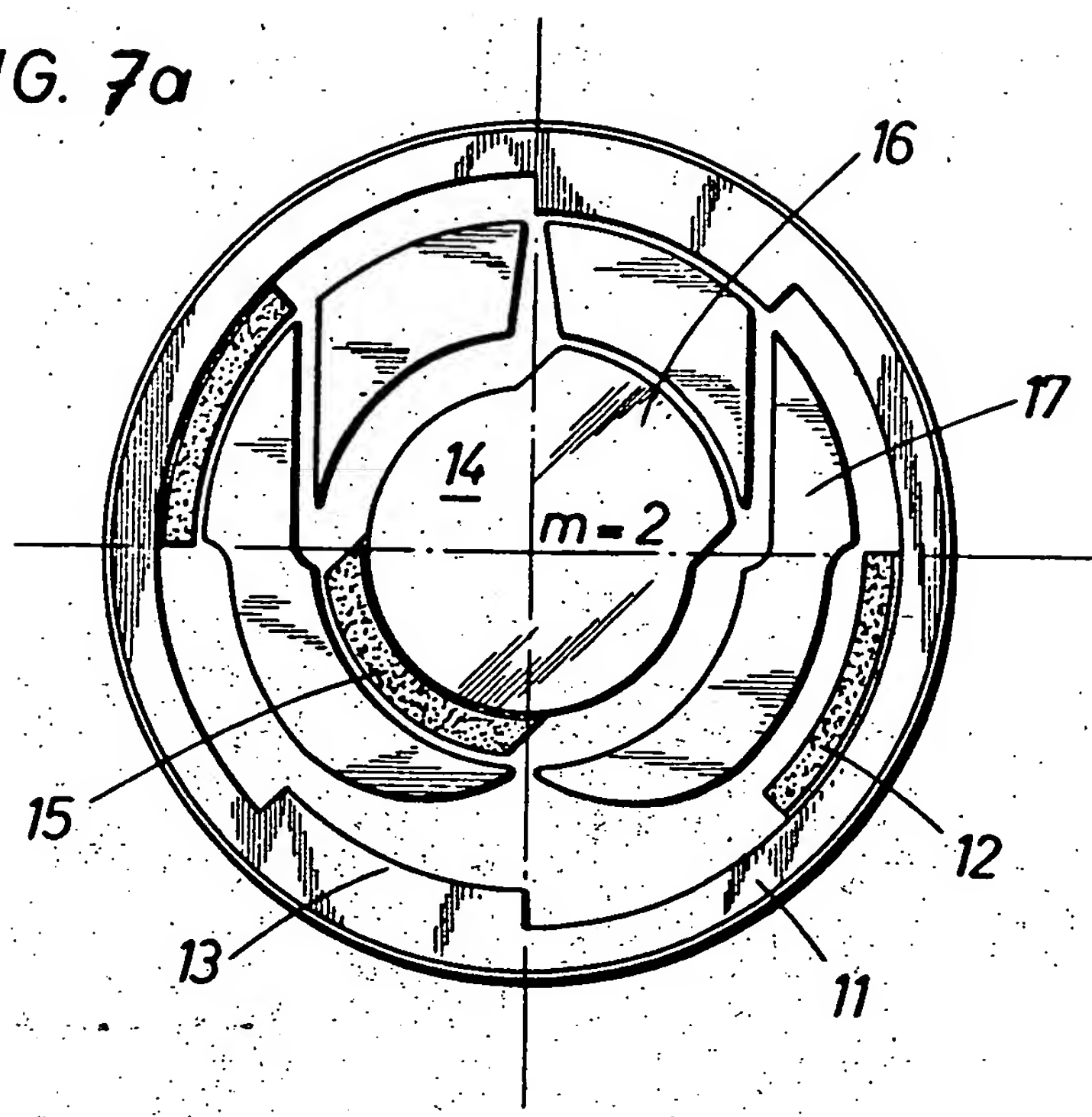
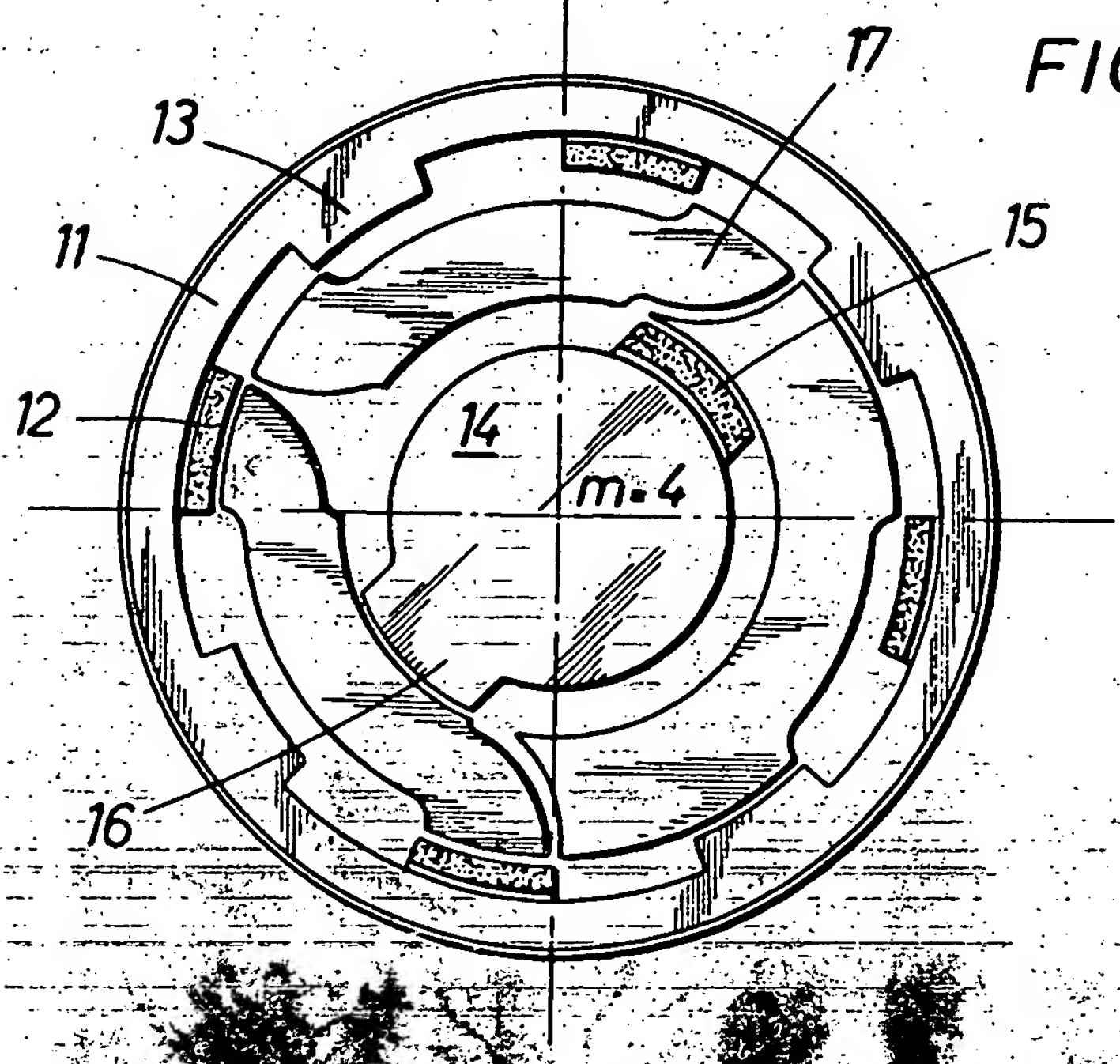


FIG. 7b



1971

2048286

FIG. 7c

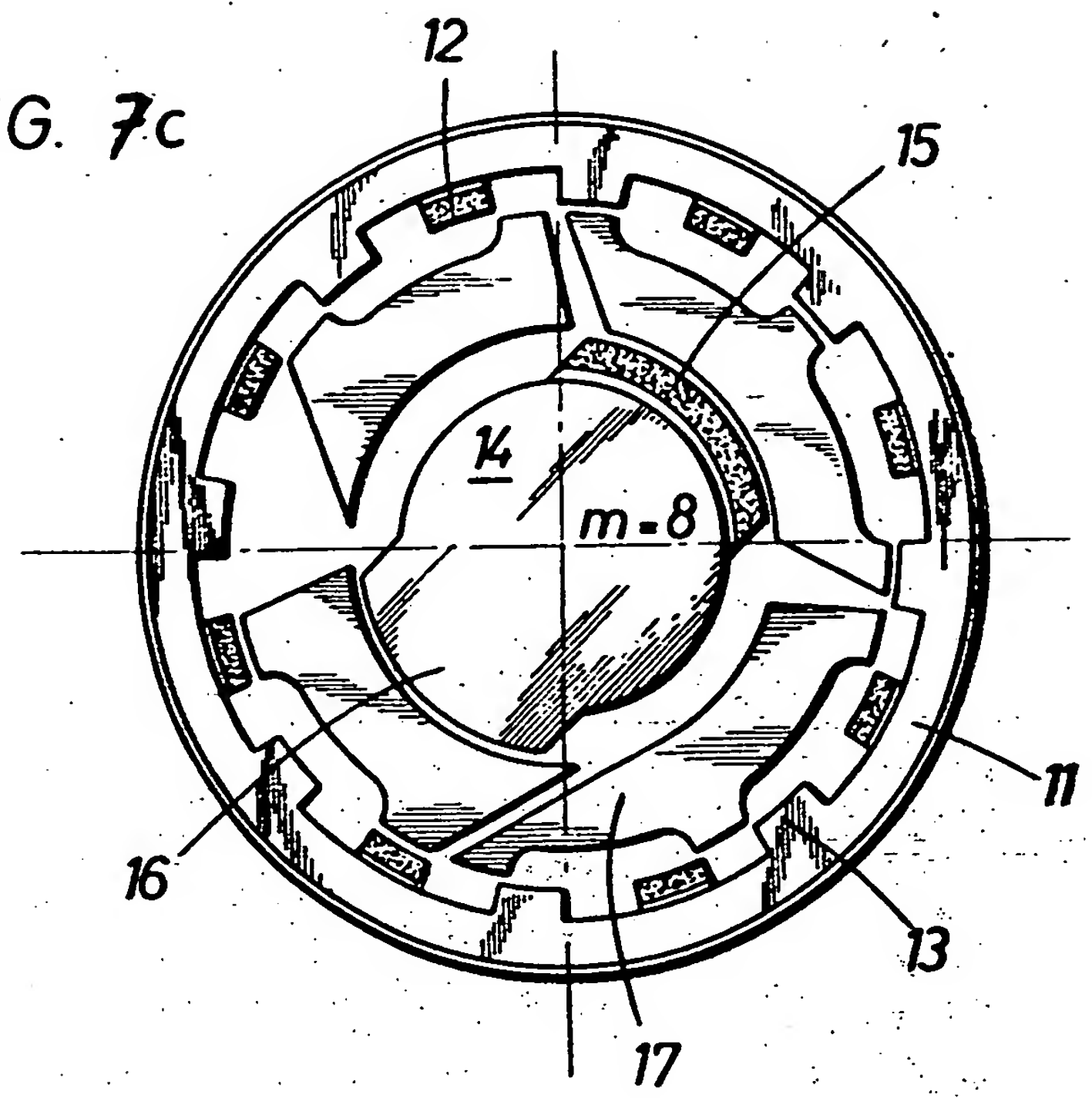
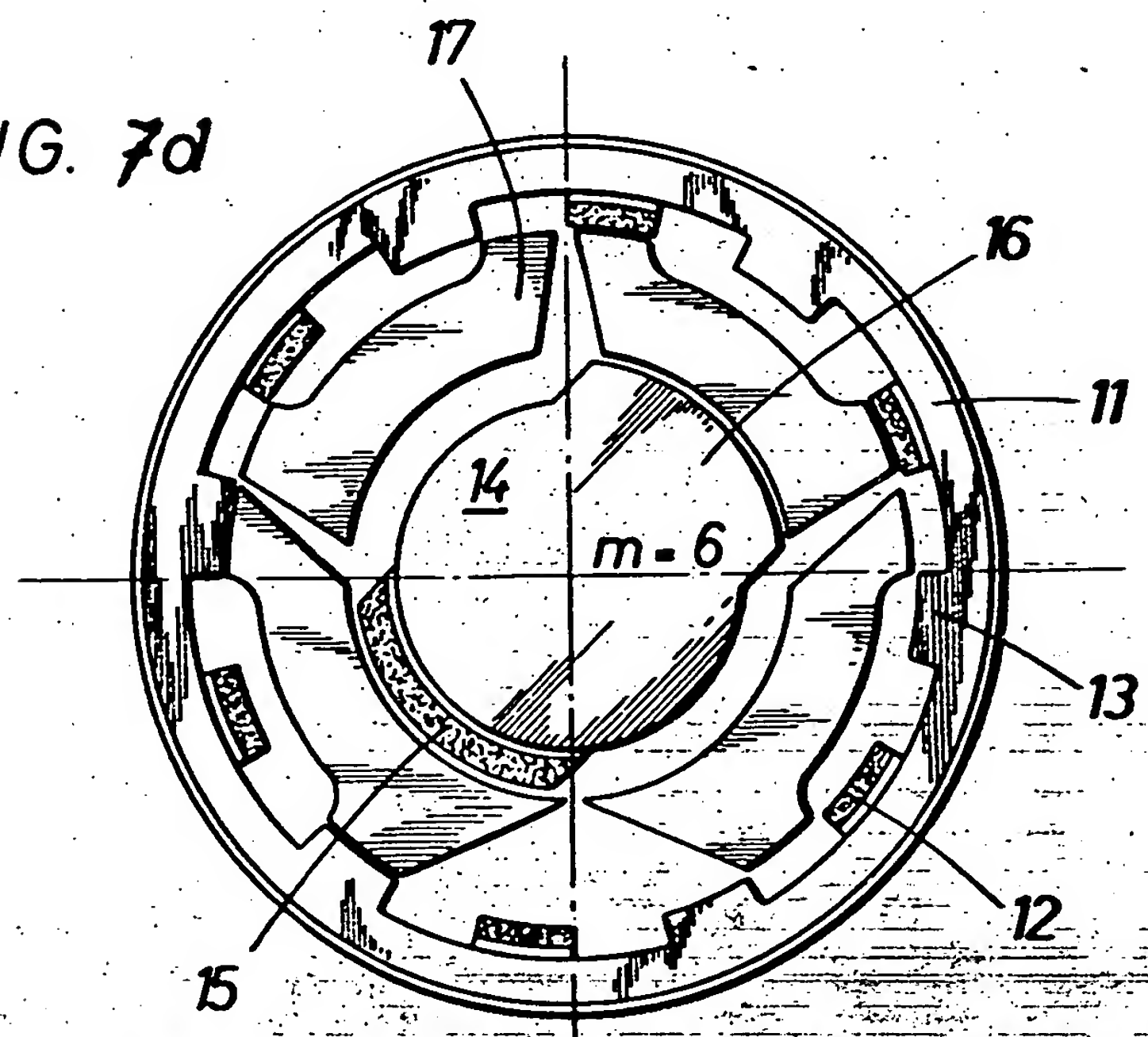


FIG. 7d



1971

3A

2048236

FIG. 8a

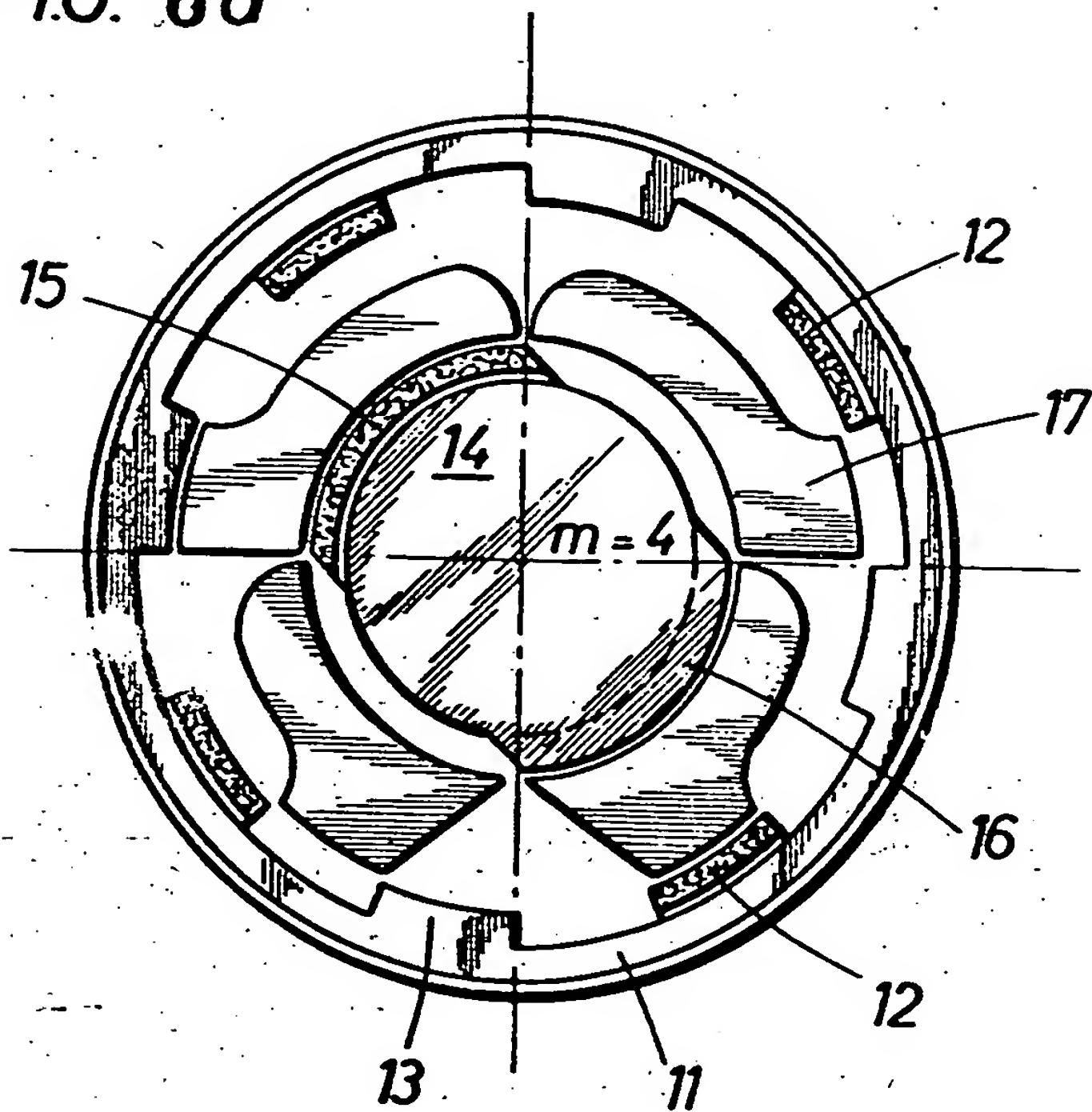
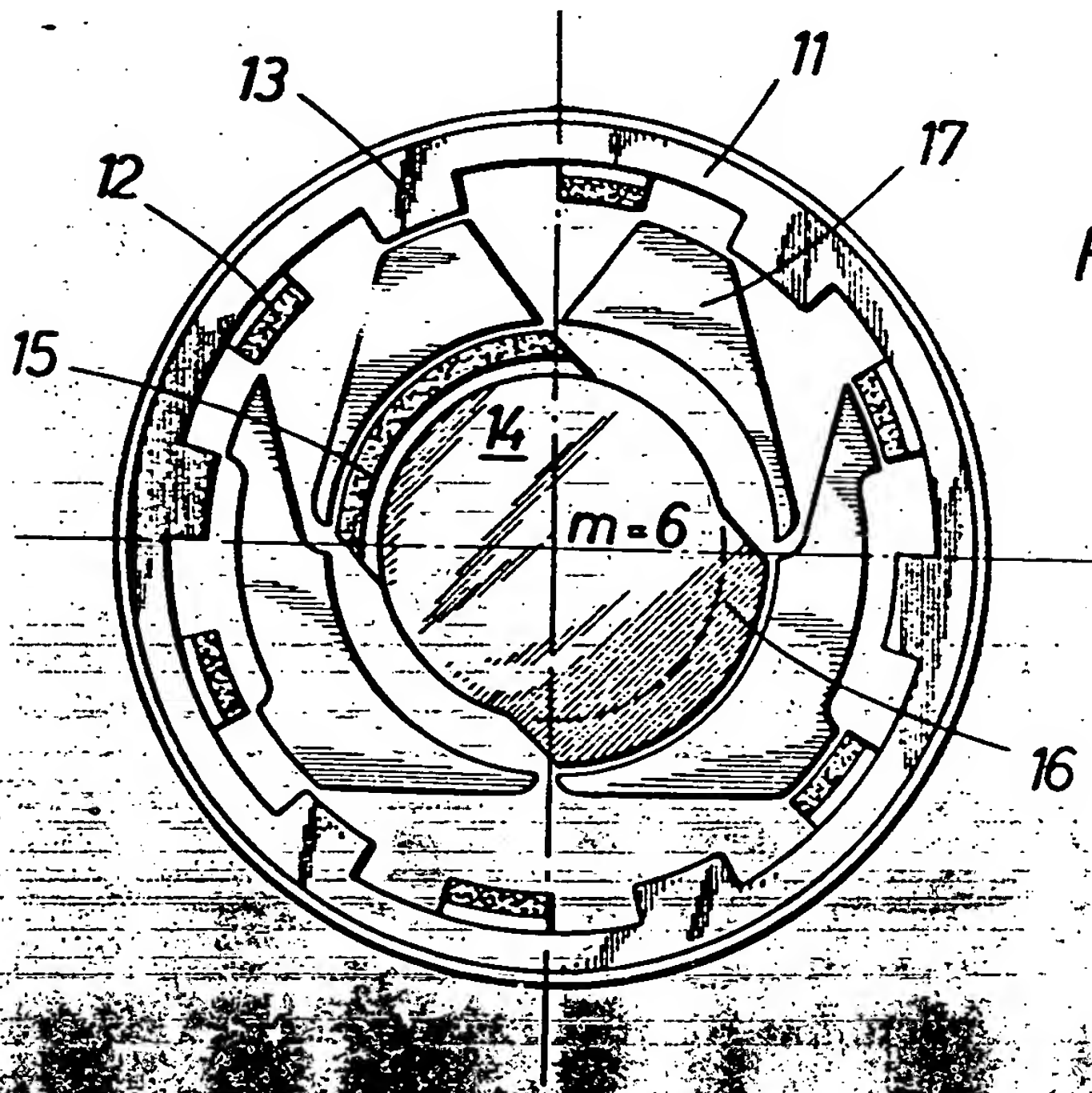


FIG. 8b



1971

32

2048286

FIG. 8c

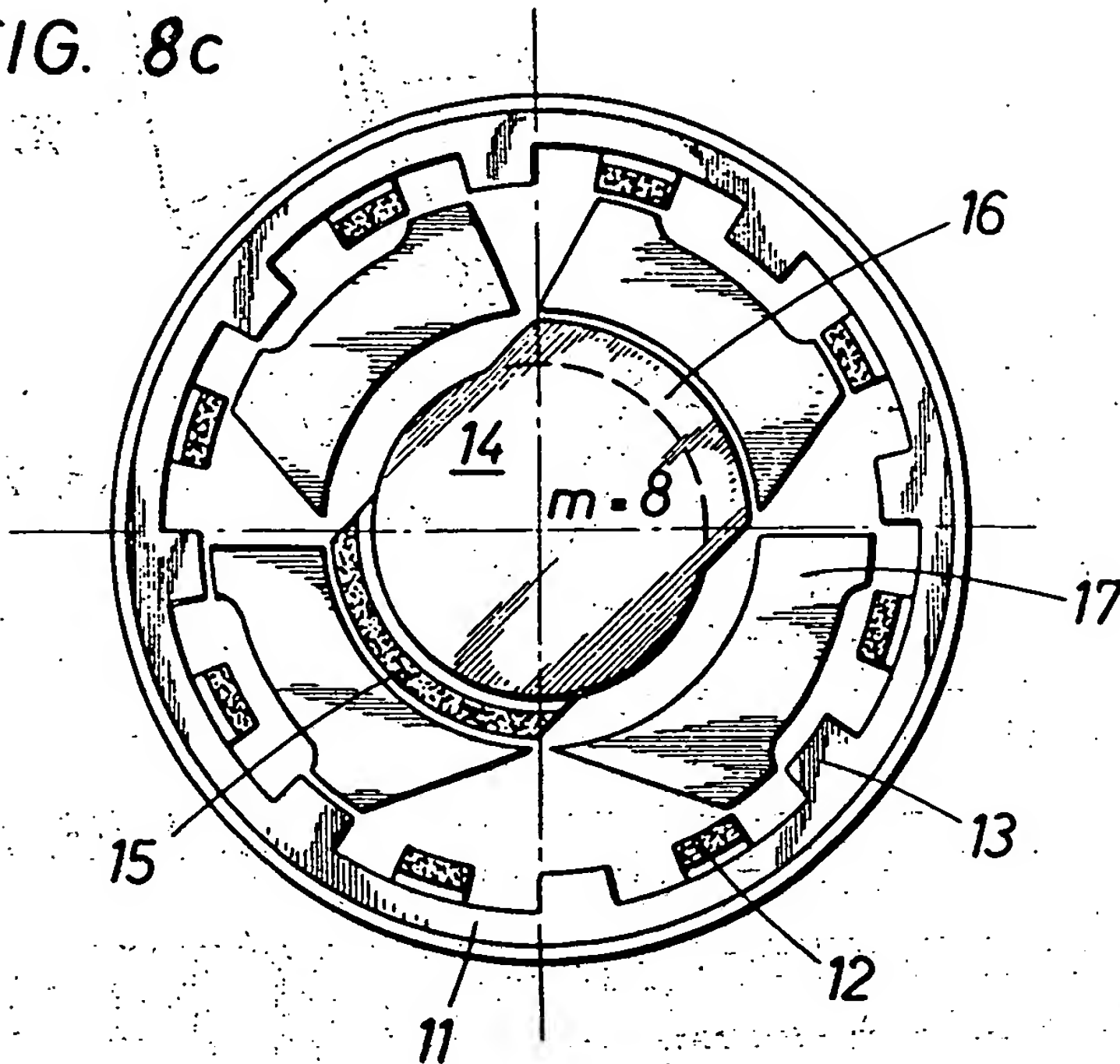
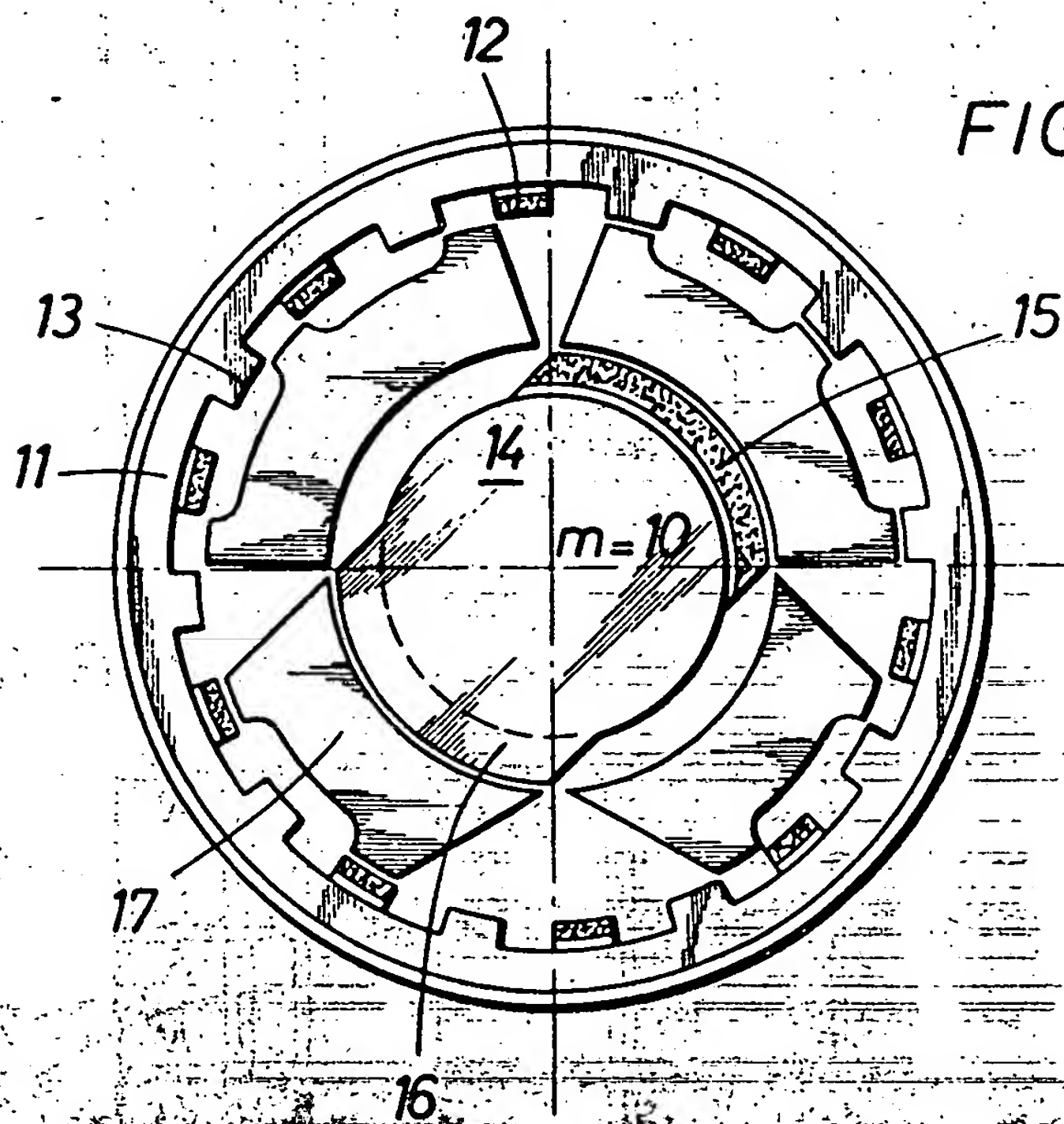


FIG. 8d



1971

33

2048286

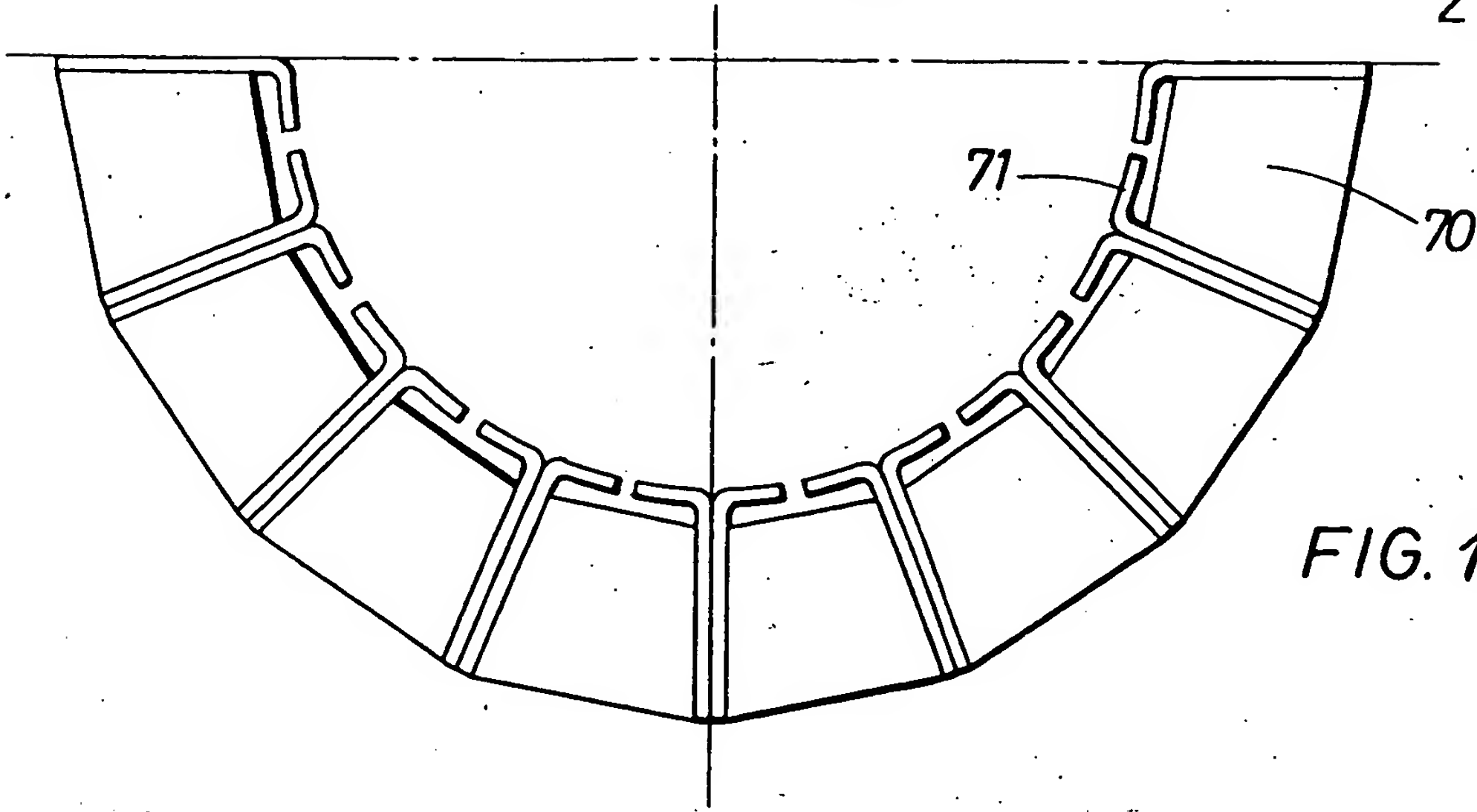


FIG. 11a

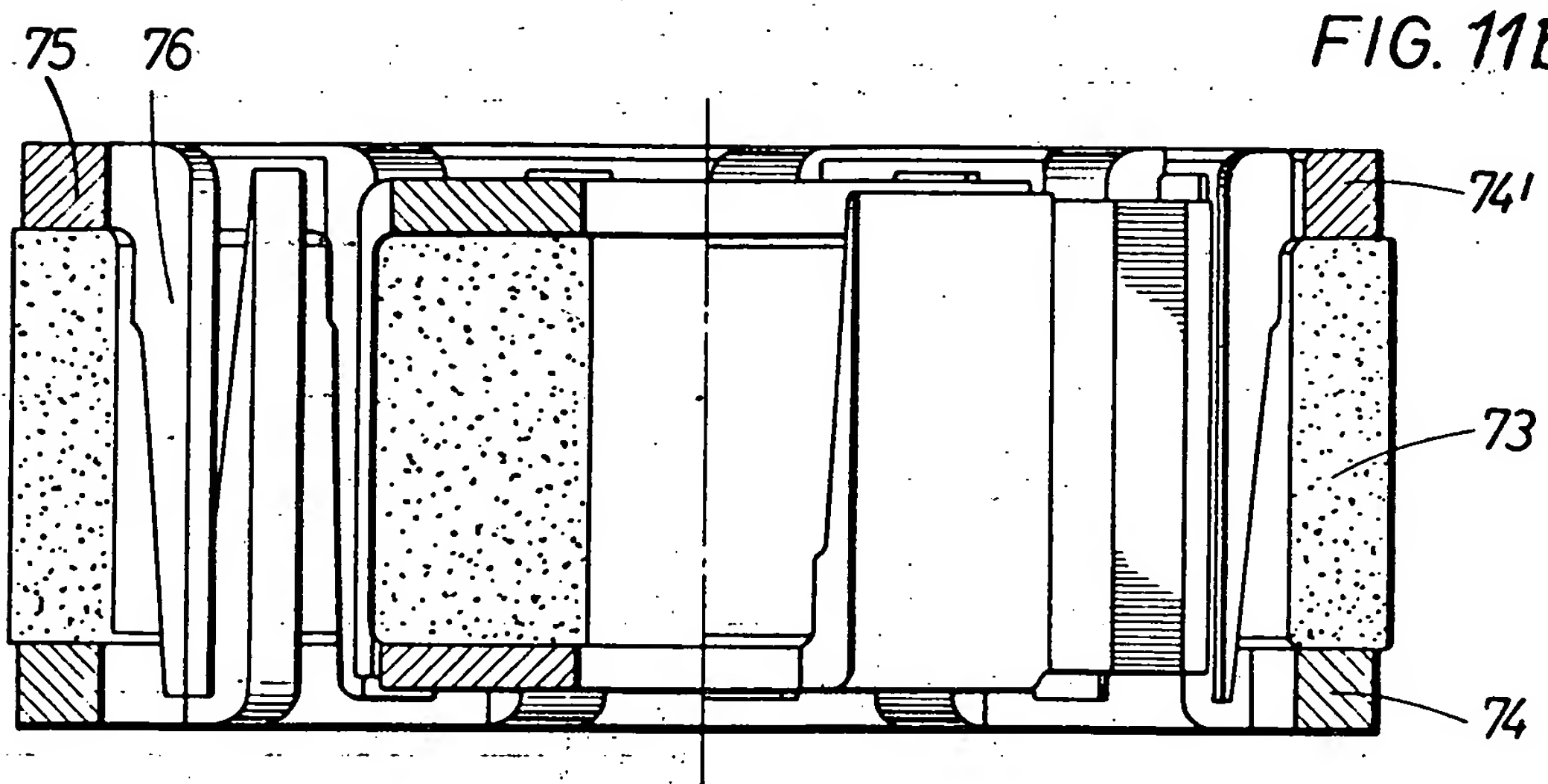


FIG. 11b

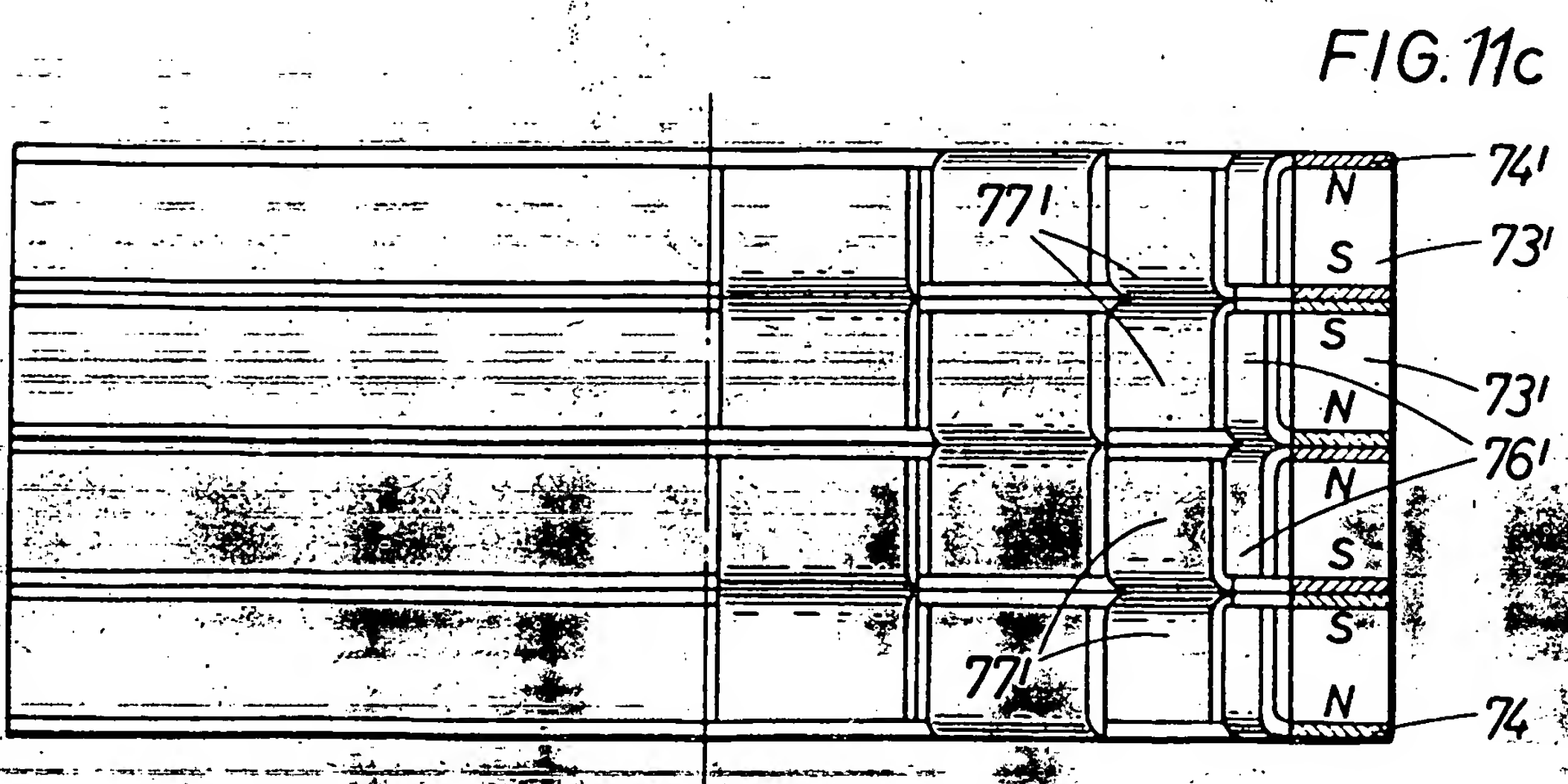


FIG. 11c

FIG. 12a

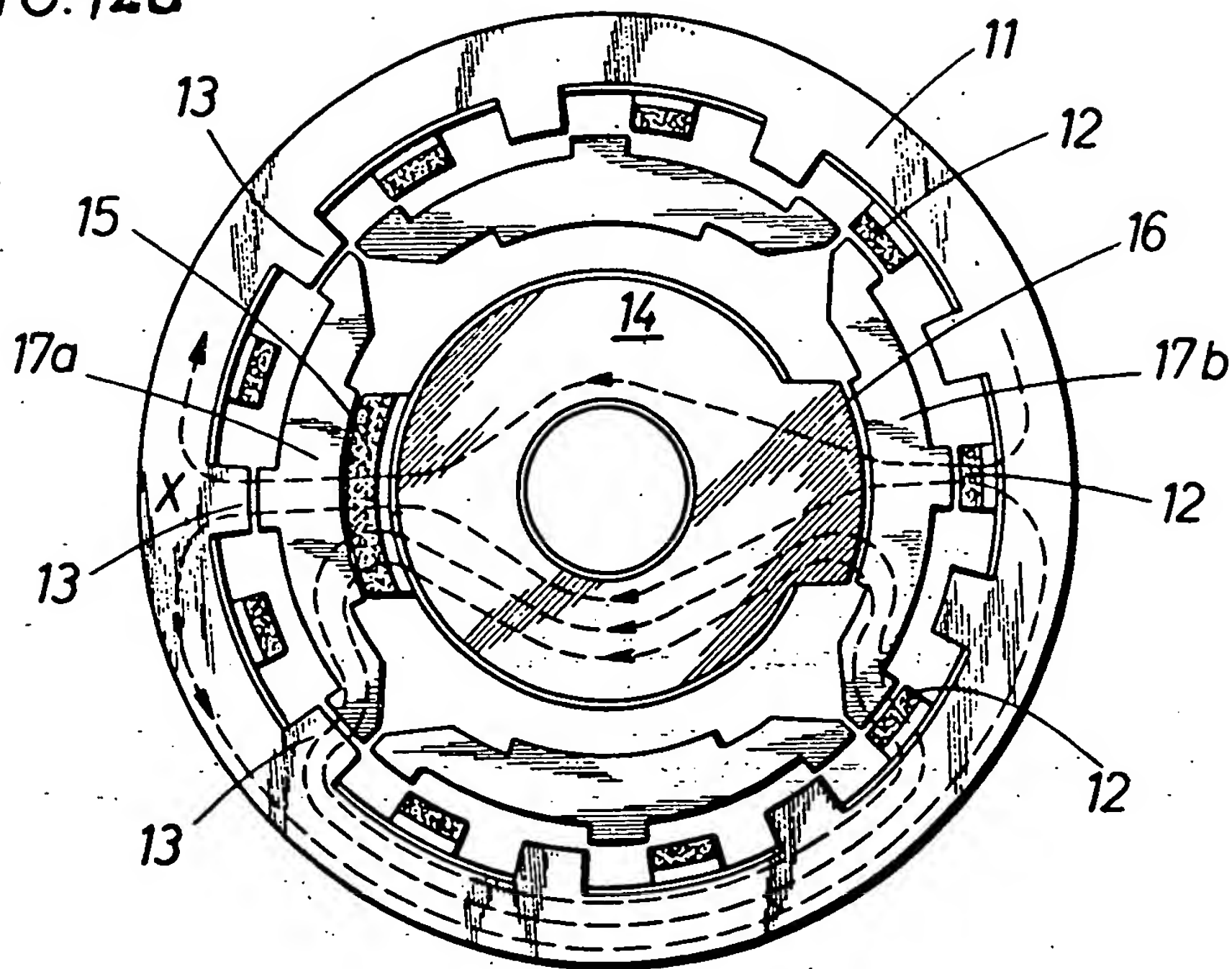
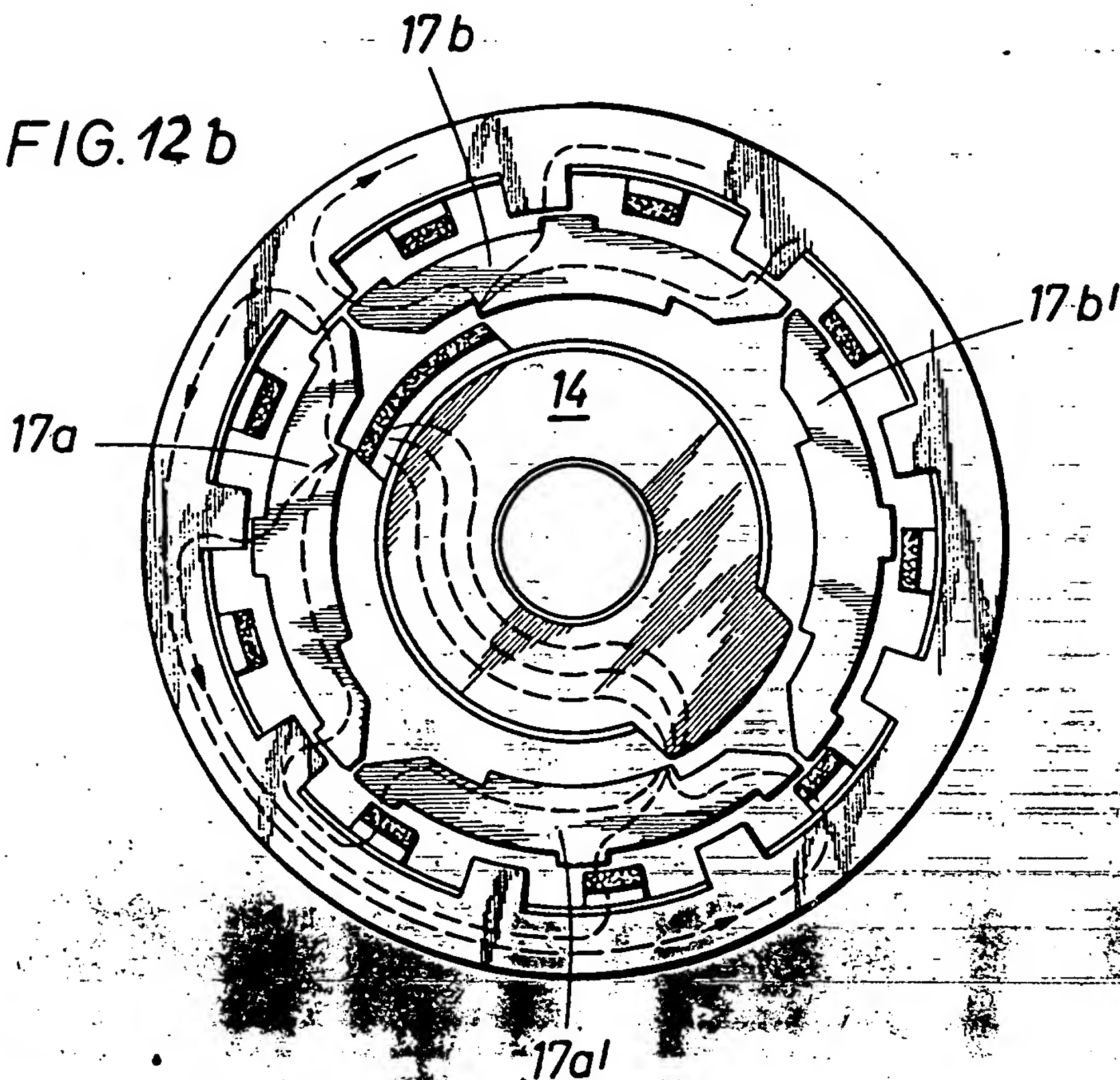


FIG. 12b

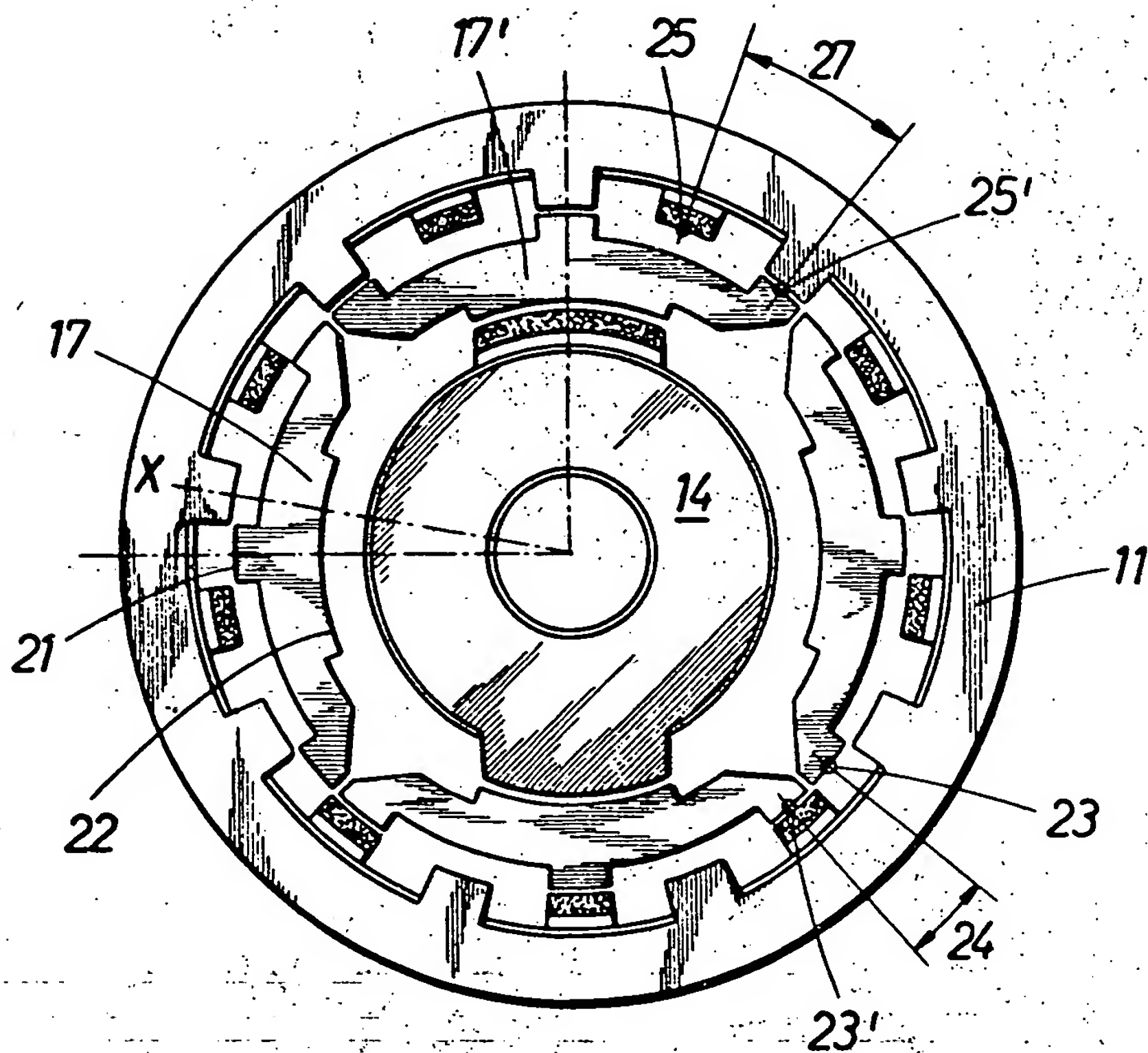


1471

35

2048286

FIG. 12c



1971

36

2048286

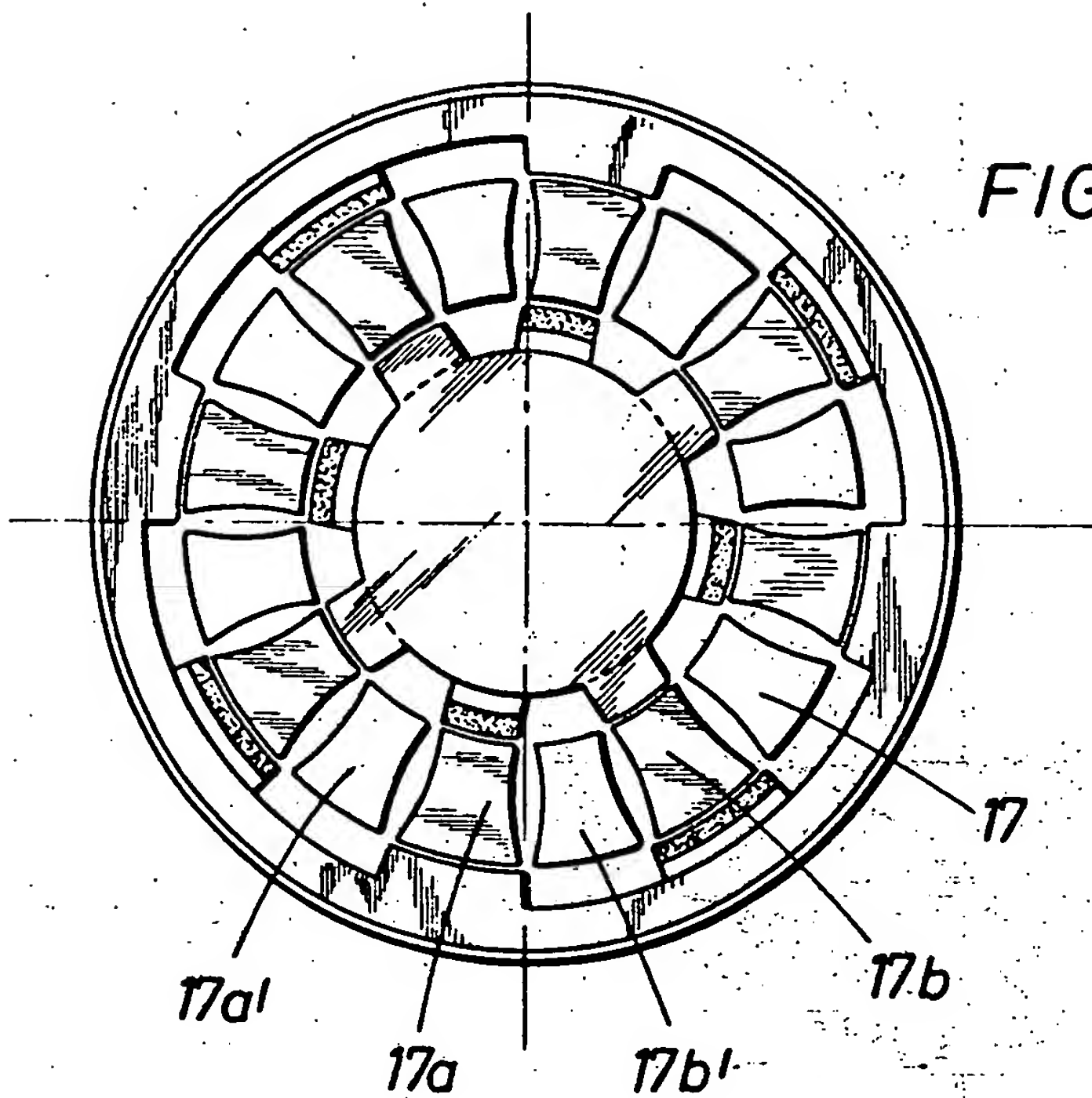


FIG. 13a

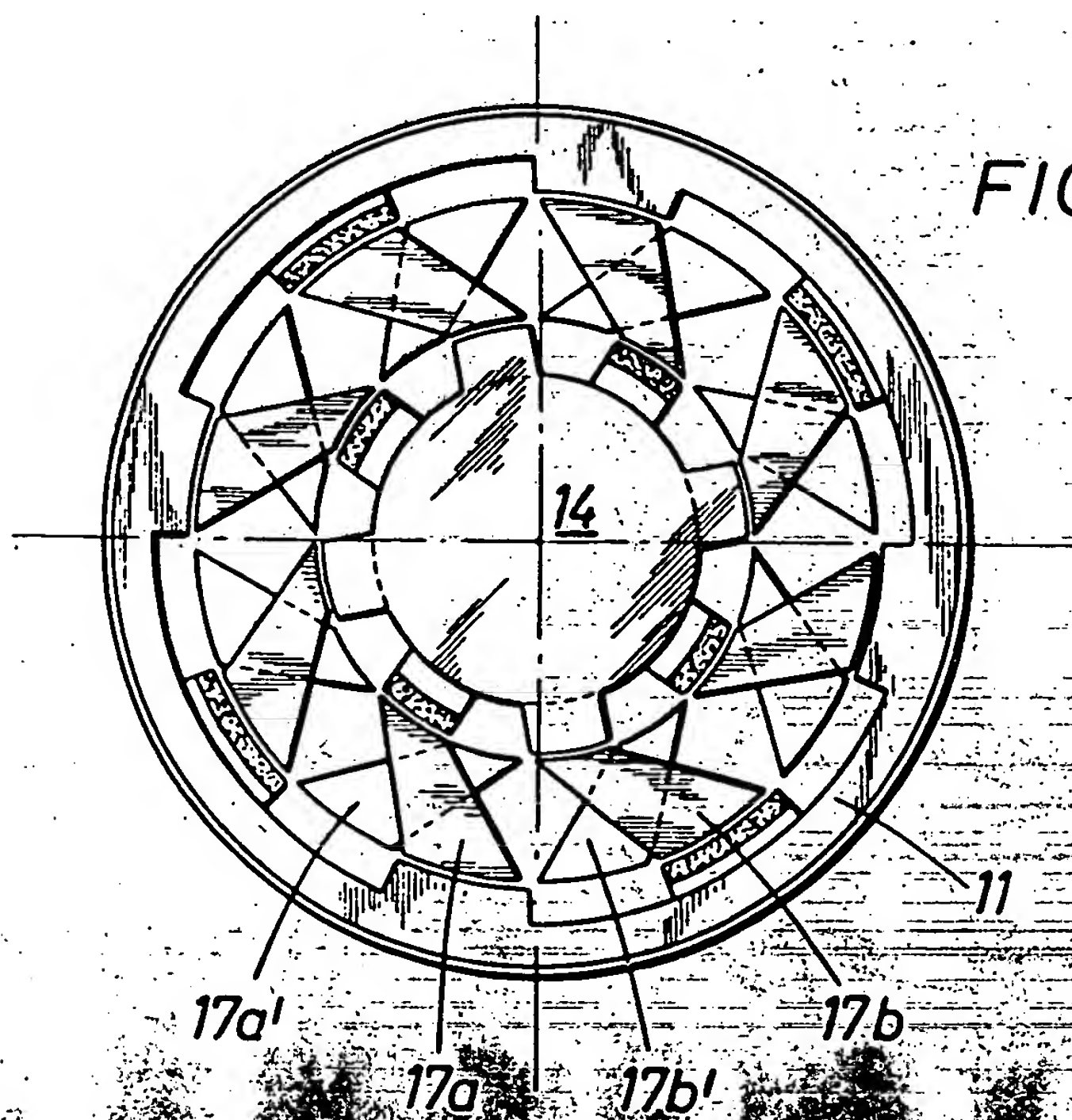


FIG. 13 b

FIG. 14a

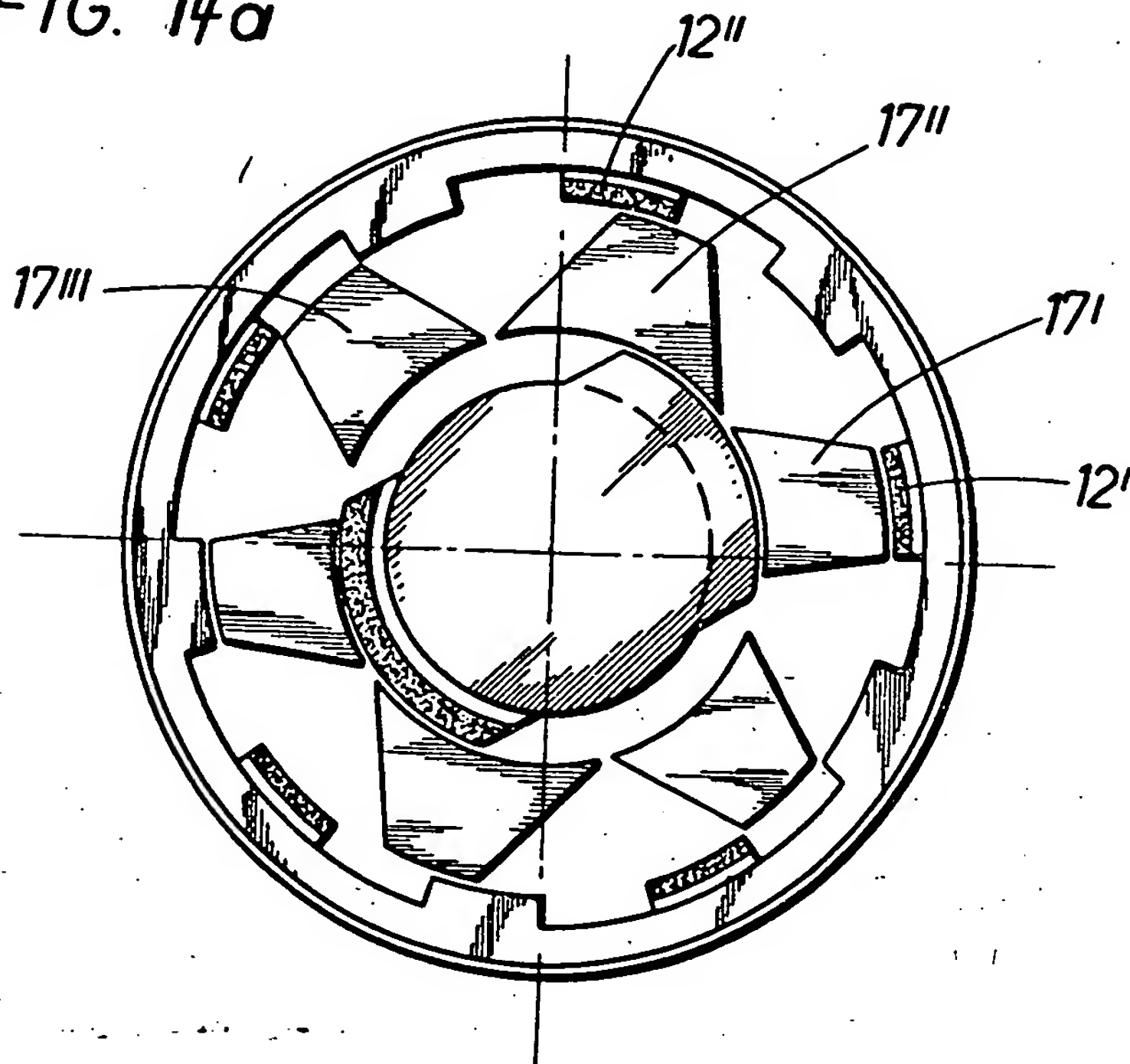
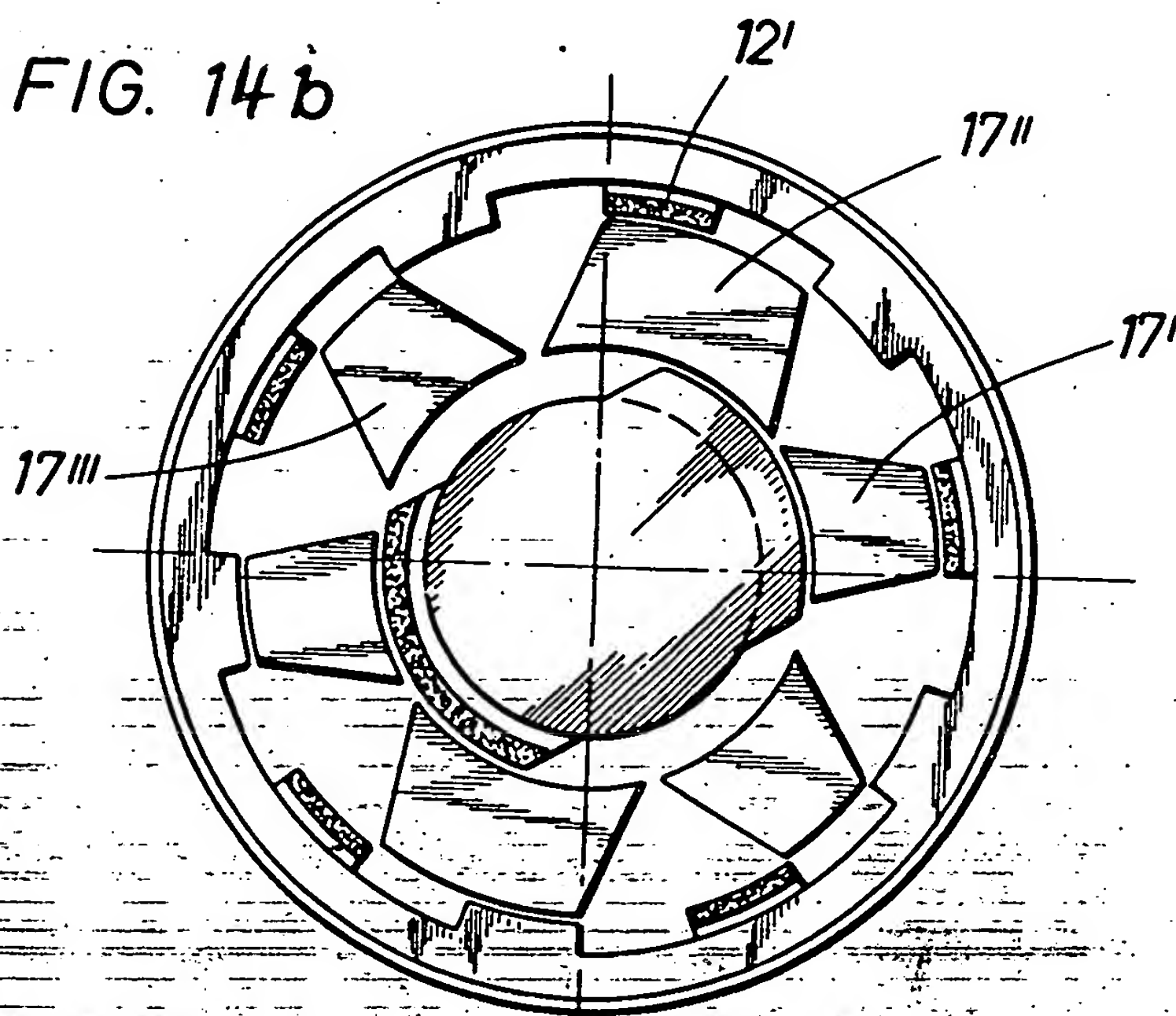


FIG. 14b



1971

38

2048286

FIG. 14c

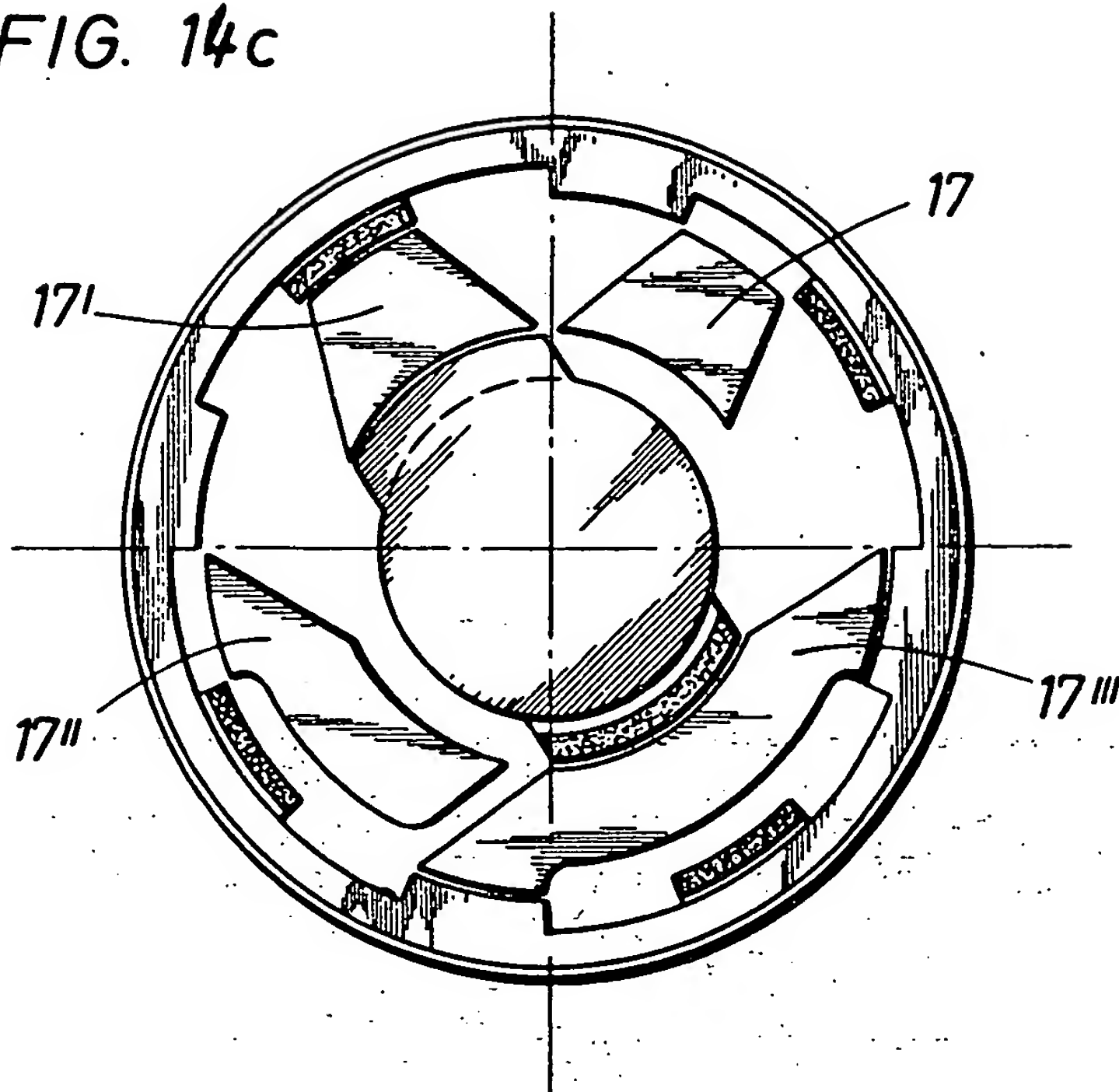


FIG. 14d

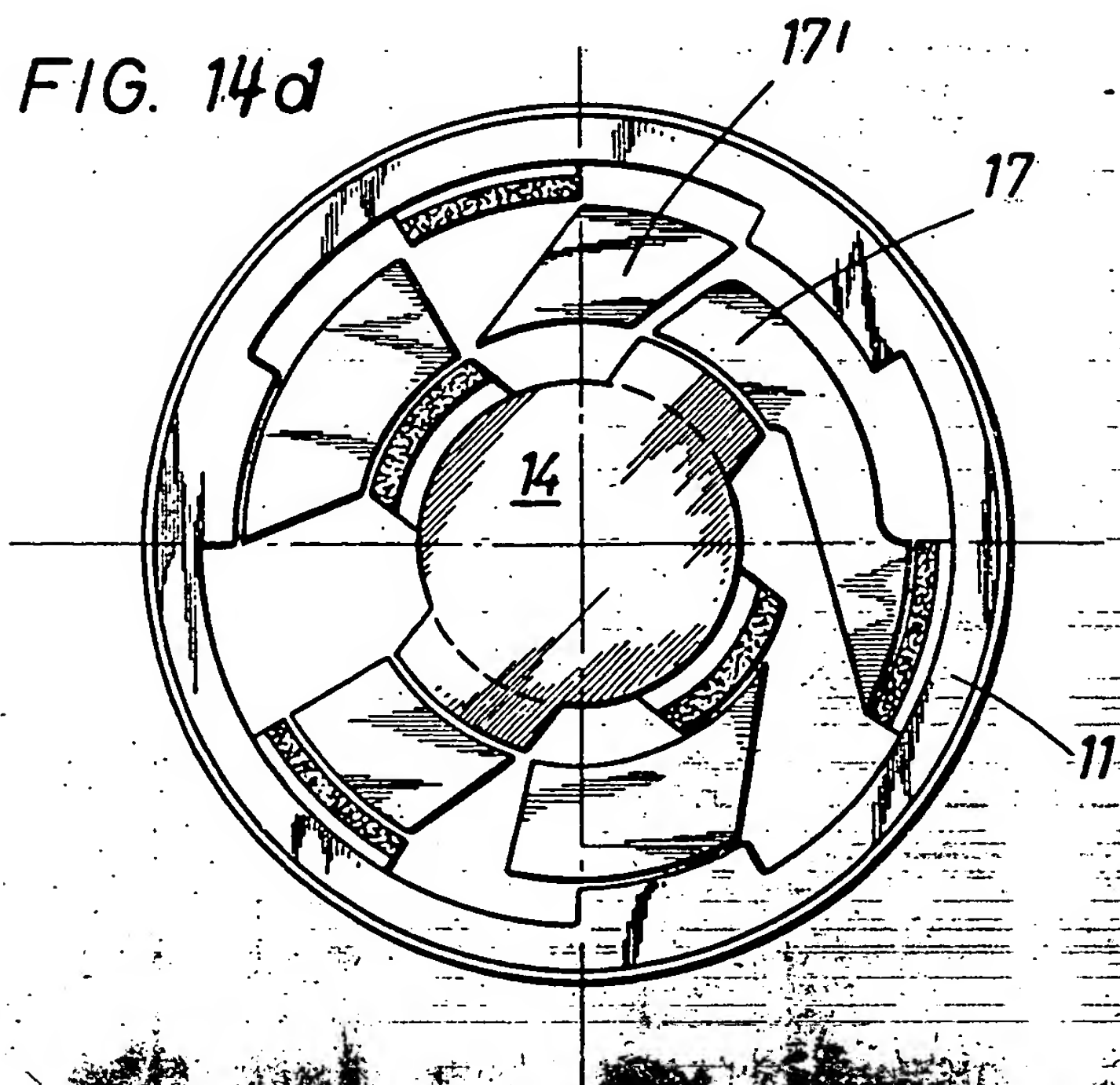


FIG. 1

2048286

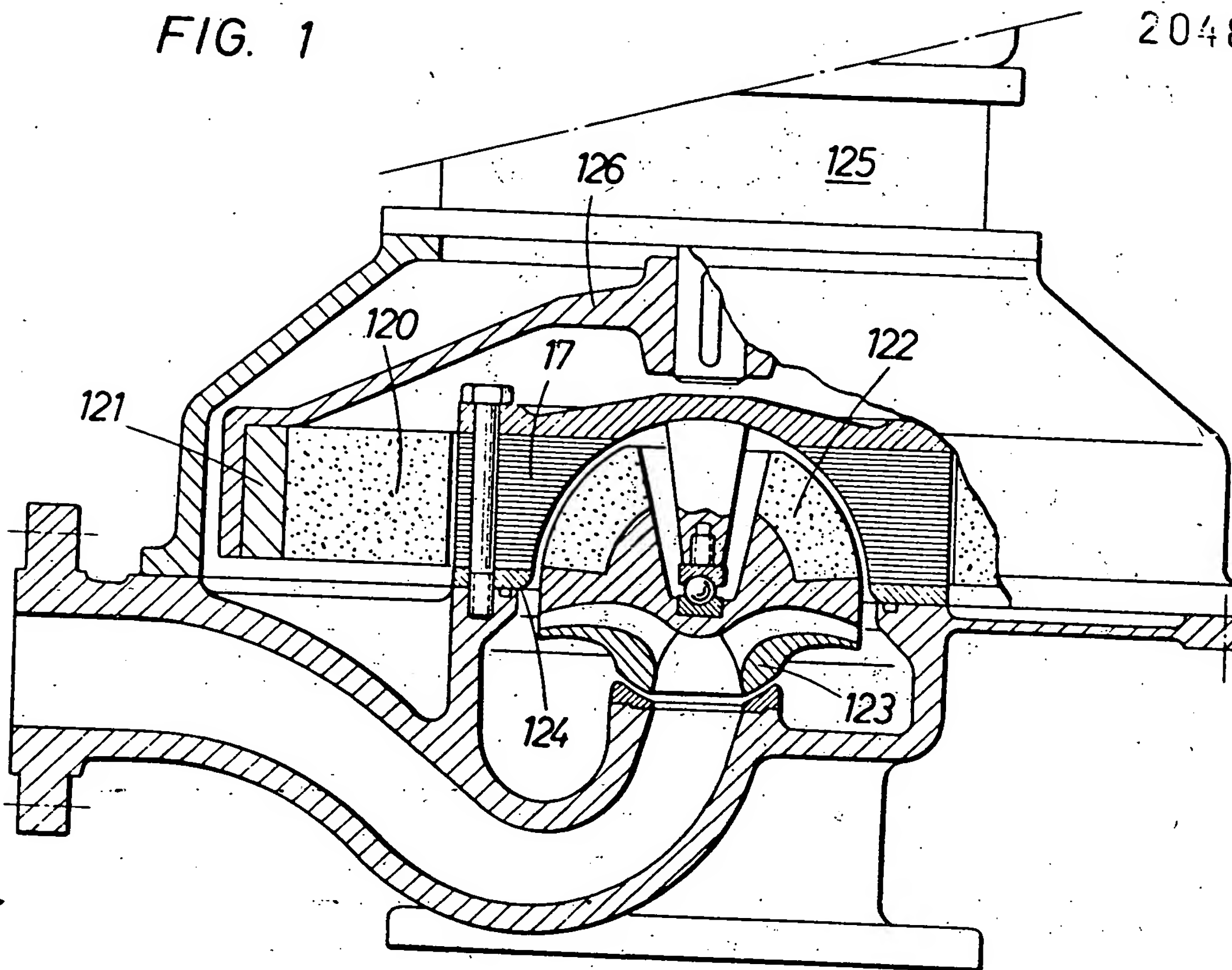
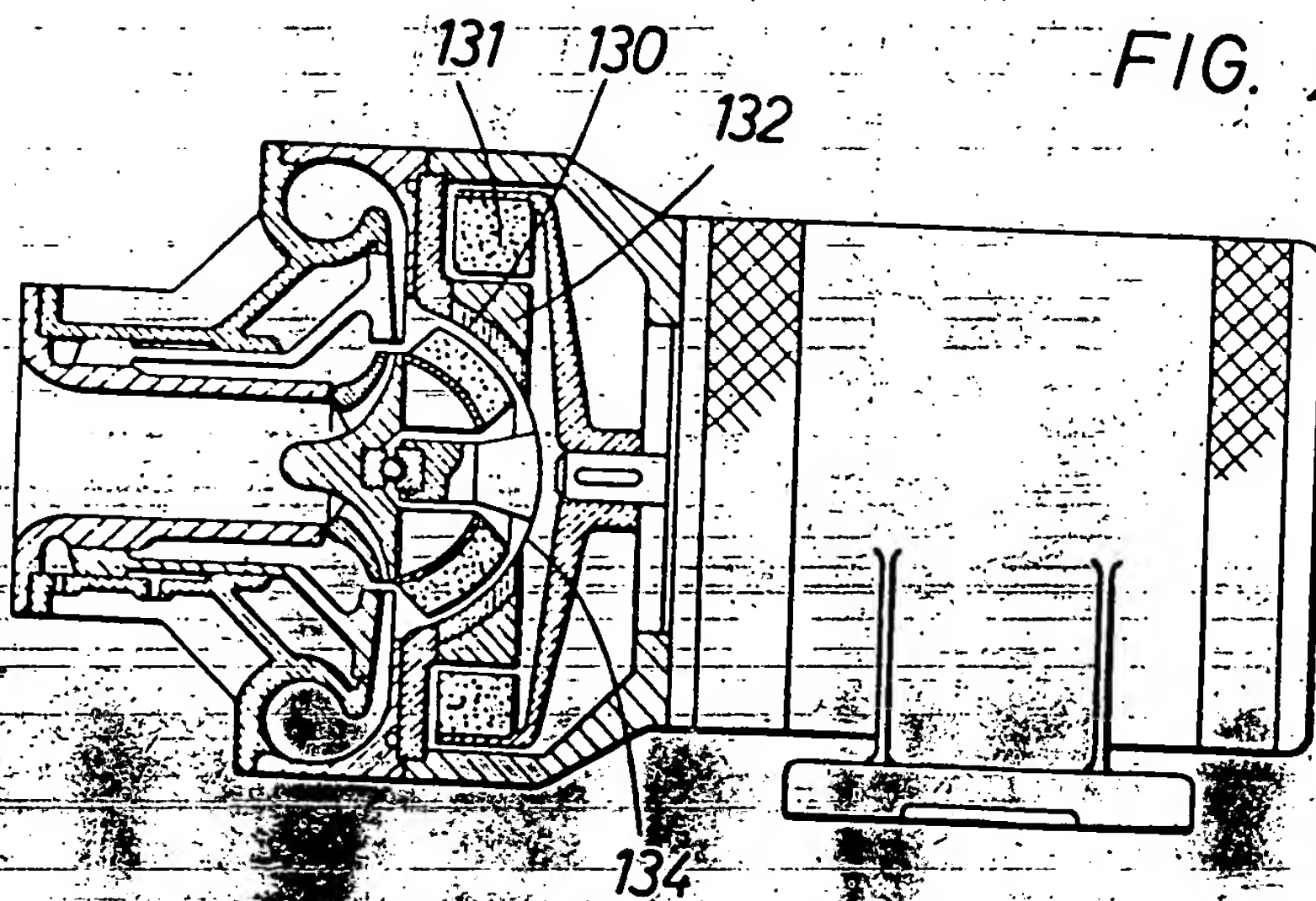


FIG. 2



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.